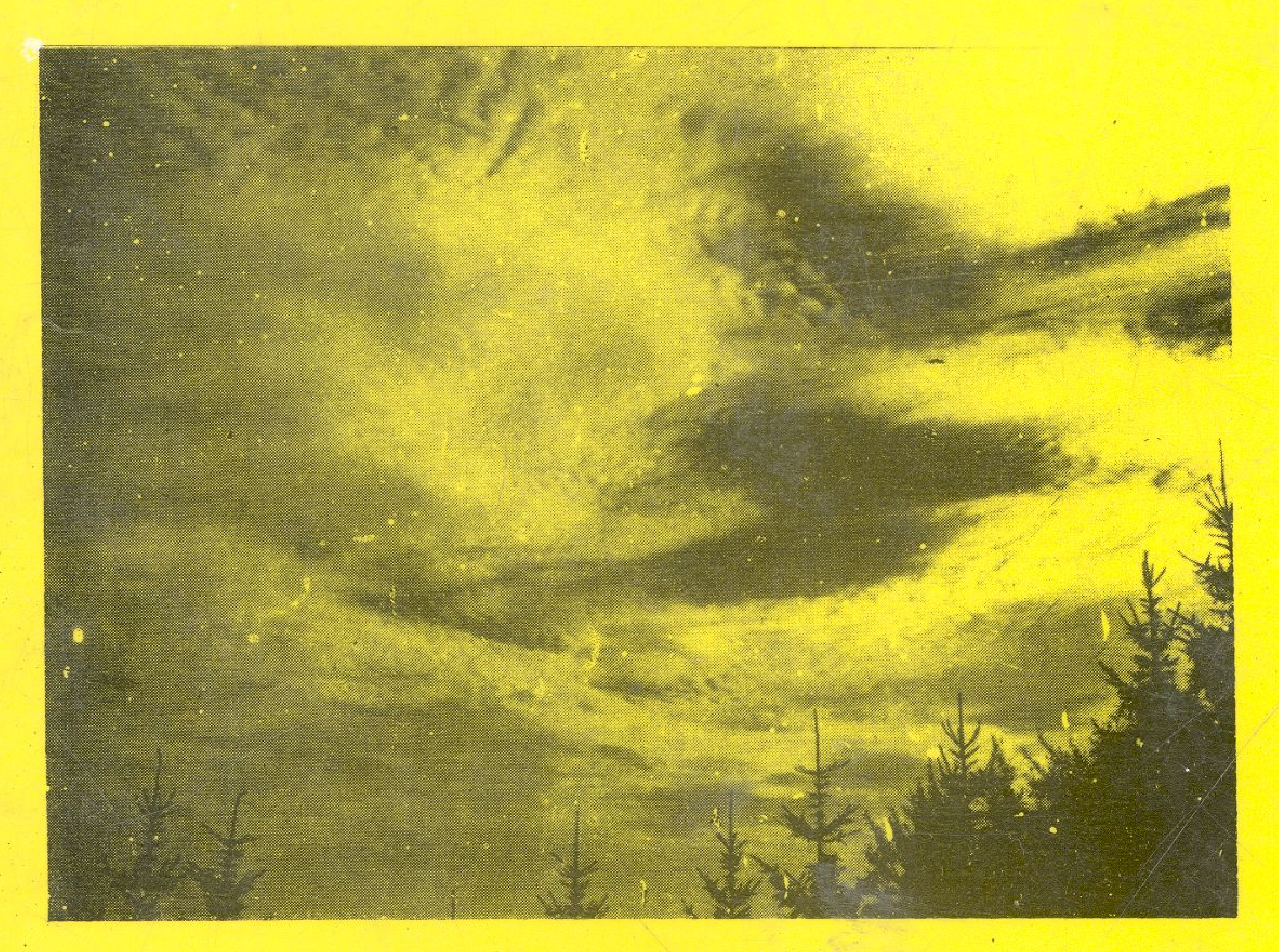
الجغرافيا المناخية والحيوية

مع التطبيق على

مناخ ونبات قارات أوروبا وآسيا وأفريقيا
ومناخ ونبات العالم العربي



Lückenhafte *Cirrocumulus*decke (*Cirrocumulus lacunaris*)

دكتور

جودة حسنين جودة

أستاذ الجغرافيا الطبيعية

وعميد كلية الآداب (سابقا)

جامعة الإسكندرية

80° 66½° 40° 23½° 0° 23½° 40° 66½° 80°

120° 60° 0° 60° 120° 180°

Maßstab 1:240 Mill

Relative Luftfeuchtigkeit in %

<50 50-70 70-80 80-85 >85

دار المعرفة الجامعية

٤٠ ش سوتير - الأزاريطة - ت ٤٨٣٠١٦٣

الجغرافيا المناخية والحيوية

الجغرافيا المناخية والحيوية

مع التطبيق على
مناخ ونبات أوروبا وآسيا وأفريقيا
ومناخ ونبات العالم العربي

دكتور

جودة حسنين جودة

أستاذ الجغرافيا الطبيعية
وعميد كلية الآداب (سابقا)
جامعة الإسكندرية

٢٠٠٠

دار المعرفة الجامعية
٤٠ ش سوتير - الأزاريطة ت ٤٨٣٠١٦٣
٣٨٧ ش قنال السويس - الشاطبي - ت ٥٩٧٣١٤٦

بسم الله الرحمن الرحيم

« وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء مـاء فاسقيناكموه وما أنتم له بخازنين»

صدق الله العظيم

سورة الحجر ـ آية ٢٢

إهداء

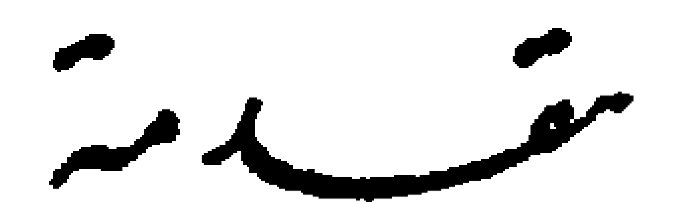
الى حفيـــدى سـليم ...

نجل ابنى الدكتور / عصـام جـودة

(أخصائى أمراض الصدر والقلب والحساسية)

(أستاذ الأمراض الباطنة بكلية الطب)

حفظه الله ورعاه وبارك فيه



لقد تطور علم المناخ ونما نموا عظيما خلال العقـود الستة الاخيرة ، وظهرت مؤلفات عديدة ، وأبحاث لا تكاد تحصى تعـالج مختلف جوانب هذا العلم ، ورغم هذا فان القليل من ظواهر الجـو ما أمكن التعرف على أصولها على وجه الـدقة والتاكيد . واذا ما راجت احدى النظريات وبدت مقنعة ، فذلك لمجرد أنها نجحت فى تفسير عدد من الحقائق يفوق غيرها . وتظل جميعا فى اطار «النظرية» لان الغالب ما يبقى عدد من الحقائق دون تفسـير .

ورغم أن هذا الكتاب يعرض لأصول علم المناخ ، ويضع الركائز الرئيسية مهياة لمدارك الطالب الجامعى ، فانه يعنى عناية فائقة بعمق المعرفة ، حتى يلم الدارس بمختلف جوانب علم المنـاخ ، اضافة الى أننى حرصـت على اظهار طبيعة المشاكل التى تكتنفها ، حتى لا يكون محتوى الكتاب مجرد سرد للظواهر ، وحتى نستحث الدارس على اعمال فكره ، وتدريب عقله على التحليل والتعليل ، واثارة اهتمامه بمعالجة مشكلة أو أخرى ، فلربما تستهويه دراسة المناخ ، فيتخصص فيه ، ويأتى لنا فى المستقبل بجديد .

ولما كان علم المناخ يعنى بدراسة الغلاف الجوى فانه وثيق الصلة بالعلوم التى تبحث فى طبيعة الجو وظواهره وخصوصا علم الأرصاد الجوية ، حتى أن بعض العلماء يعتبره فرعا من أفـرع الميتيورولوجيا . لكن مادام علم المناخ يهتم بتوزيع عنـاصر وظواهر الجو على سـطح الأرض ، وتحليل العوامل التى تؤثر فى أنماط هذا التوزيع ، والتى تسمى الضوابط المناخية ، فانه ينتمى أيضا لحقل الجغرافيا ، خصوصا وأن معظم هذه الضوابط ذا صلة بسطح الأرض .

والواقع أن علم المناخ علم تطبيقى يعتمد فى دراساته على أساليب البحث المستمدة من حقل الأرصاد الجوية ، ويهدف فى النهاية الى الوصـول الى نتائج تهم الانسان والغلاف الحيوى ، أى الى نتائج جغرافية . ولهذا فان الجغرافى أنسب من غيره لدراسة المناخ ، لكن ينبغى له أن يكون على علم

تام بالأرصاد الجوية ، وطرق وأساليب البحث فيها ، حتى يمكنه أن يتناول بالدراسة والبحث مختلف المشاكل الخاصة بخصائص الغلاف الجوى،وطبيعة ظواهر الجو ، والعوامل المؤثرة فيها ، وآثارها فى البيئة الجغرافية • ولهذا ينبغى أن يتم اعداد الجغرافيين الذين يرغبــون التخصص فى دراسة المناخ اعدادا خاصا ، مثلهم فى ذلك مثل راغبى التخصص فى الجيومورفولوجيا من الجغرافيين •

واذا كانت مشكلة اعداد الجغرافى للدراسة الجيومورفولوجية قد حلت الى حد كبير فى أقسام الجغرافيا بالجامعات المصرية ، فان المشكلة ما تزال قائمة بالنسبة للمناخ ، ويبدو أنها مشكلة لاتخص أقسام الجغرافيا فى مصر والعالم العربى وحدها ، ذلك أن تدريب واعداد باحث المنـاخ يتم خارج أقسام الجغرافيا فى معظم جامعات العالم • وحبذا لو أمكن اعـداد برامج خاصة فى أقسام الجغرافيا لأفرع المناخ المهمة ، كالمناخ التفصيلى ، والمناخ التطبيقى ، ومناخ المدن ، والتلوث الجوى ، وانشاء دراســات متقدمة فى المناخ والأرصاد الجوية •

ويقع هذا الكتاب الذى يعالج أصول «الجغرافيا المناخية والحيوية» فى **أربعة أجزاء** ، تضم تسعة عشر فصلا • ويتكون **الجزء الاول** من أحد عشر فصلا ، ويعالج **الفصــل الأول** أهمية علم المناخ وتطوره وعلاقته بالأرصاد الجوية وبالجغرافيا ، ويهتم بصفة خاصة بابراز التطورات والاتجاهات الحديثة فى أبحاث المناخ ، ويعرض للنظم والنماذج المناخية ، ولأفرع علم المناخ وتمييزها تبعا لمجالات الدراسة والبحث فيه • ويعنى **الفصل الثانى** بخصائص الغلاف الجوى وتركيبه وطبقاته ونشأته ووظائفه وعوامل تلوثه •

وتتناول **الفصول التالية حتى الفصل العاشر** دراسات تفصيلية لعناصر المناخ الرئيسية ، مثل الاشعاع الشمسى ، ودرجة الحرارة ، والضغط الجوى وعلاقته بالدورة الهوائية العامة ، والرياح ، ومناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى ، والتبخر والرطــوبة ، والتكاثف وأشــكاله ، والسحاب والتســاقط •

ويهتم **الفصل الحادى عشر** بالتقسيمات المناخية،ويشرح مزايا كل منها، كما يحوى عرضا لأحد التقاسيم المناخية البشرية Human Classifications وهى التى تمثل أحدث اتجاه فى التقاسيم المنـاخية ، وتقـوم على تحـديد العلاقة بين المناخ ومدى شعور الانســان بالراحة وأهمها تصـنيف موندر

Maunder للاقاليم المناخية باستراليا ، وتصنيف تيرجونج Terjung الذى يقوم على موازنة الطاقة بين الانسان والبيئة التى يعيش فيها .

وقد ضمنت جميع الفصول الخاصة بدراسة عناصر المناخ تعريفا بالأجهزة التى تستخدم فى القياس ، وشرحا للمبـادىء الاساسية التى تقوم عليها ، وبيانا بالوسائل الاحصائية والاساليب الرياضية التى تتبع فى حساب وتقدير عناصر المناخ الرئيسية .

وترافق دراسة المناخ عادة دراسة **النبات الطبيعى والحيوان البرى** الذى يعيش فيه ، وذلك بسبب الصلة الوثيقة التى تربط النبات بالمناخ ، فالنبات انعكاس لتفاعل عناصر الجو وظواهره مع التربة . ولكل نوع مناخى نباته الخاص به ، ولهذا فقد خصص **الجزء الثانى** من الكتاب لدراسة الجغرافيا الحيوية ، ويضم فصلين ، أحدهما وهو **الثانى عشر** لدراسة النبات الطبيعى وتوزيعه ، **والثالث عشر** لدراسة الحيوان البرى وتوزيعه على سطح الارض.

ويهتم **الجزءان الثالث والرابع** بفصولهما الستة بعرض **لدراسات تطبيقية** لظواهر المناخ والنبات والاقاليم المناخية والنباتية على عدد من القارات هى أوربا وآسيا وافريقيا .

هذا وقد حرصت على تزويد الكتاب بعدد كبير من الخرائط والاشكال التوضيحية ، حتى يتمكن القارىء من فهم محتوياته فى سهولة ويسر ، كما عنيت بتوثيقه بقائمة وافية من المراجع العربية وغير العربية .

وانني اذ أقدم هذا الجهد لزملائى وتلاميذى فى مصر وفى بلدان العالم العربى ، لأرجو لهم به النفع ، والله ولى التوفيق .

جودة حسنين جودة

الاسكندرية فى ١٥ ديسمبر ١٩٨٨

هــــذه الطبعــة

تصدر منقحة ومزيدة بعد نفاذ خمس طبعات فى نحو سبع سنوات منذ صدور الطبعة الأولى ٠

انه لما يثلج صدر المؤلف ، ويشد من أزره ، ويشجعه على تقبل عناء التاليف بنفس راضية ، ذلك الاقبال الطيب من القراء ، الذى يستحق ثناء وتقديرا يجل عن الوصف ٠

وقد جرى القلم بالتنقيح فى سطور هــذه الطبعة ، وتم تحديث جميع البيانات ، ومراجعة المعلومات فى ضوء ما استجد من كتب وأبحاث ، حتى يبقى الكتاب مواكبا لأحدث المستجدات فى الدراسات المناخية والحيوية ٠

وتلبية لرغبة الزملاء الأفاضل والقراء الأعزاء ، فقد عنيت **بالجوانب التطبيقية ، فاضفت دراسات دسمة عن مناخ ونبات ثلاث قارات هى : أوروبا وآسيا ، وافريقيا ، ومناخ ونبات العالم العربى ٠**

واننى لأرجو ان يحقق الكتاب بصورته الجديدة للقارىء العربى ما يصبو اليه من نفع وفائدة ٠٠٠

والله ولى التــوفيق

الاسكندرية فى نوفمبر ١٩٩٥ — جودة حسنين جودة



الفصل الأول

علم المنـــــــاخ

- التعريف بالطقس والمنـاخ .
- علم المناخ بين الميتيورولوجيا والجغرافيا .
- أهمية علم المنـاخ .
- مجالات الدراسة فى علم المناخ .
- أفرع علم المناخ (العام ، المحلى ، التفصيلى ، الوصفى ، الاحصائى الرياضى ، الشمولى) .
- علم المناخ التطبيقى (الزراعى ، الصـناعى ، النباتى ، المائى ، مناخ التربة التطبيقى) .
- تطور علم المناخ (المناخ القديم ، فى العهد العربى ، فى عصر النهضة ، فى القرنين التاسع عشر والعشرين) .
- المناخ المعاصر : النظم فى المناخ ، النماذج فى المناخ .

الطقس والمنـــاخ :

قبل أن ندخل فى دراسة اهمية علم المنــاخ وتطوره ، لابــد أن نعرض للتعريف به ، وتوضيح الصلات التى تربطه بالعلوم الاخرى ، وخاصة بعلمى الميتيورولوجيا والجغرافيا . الواقع أن الصلة قوية للغاية بين علم المناخ Climatology وعلم الأرصاد الجـوية أو علم الميتيورولوجيا Meteorology بحيث يستحيل وضع حدود فاصلة بين مجالات الدراسة لكل منهما ، فكلاهما يتناول دراسة الغلاف الجوى Atmosphere ومع هذا فقد جرى العرف على التمييز بينهما ، على اعتبار أن علم الأرصاد الجوية يعنى بدراسة الطقس Weather ، بينما يهتم علم المناخ بدراسة المناخ Climate .

ولعل فى تعريف كل من الطقس والمنــاخ ما يـوحى بتمييز الفرق بين العلمين فالطقس عبارة عن حالة الجو فى مكان ما من حيث الحرارة والرطوبة والضغط والرياح والأمطار لمدة قصيرة قد تكون يوما أو بعض يوم ، ولذلك فانه لا بد من رصد وتقرير حالة الطقس بانتظام عن طريق محطات خاصة تسمى محطات الأرصاد الجـوية التى تهتم بتدوين متغيرات الجـو بصفة مستمرة ، ونشرها للجمهور عبر وسائل النشر والاعلام المختلفة كل يوم . وهناك نشرات للطقس تتم بضع مرات فى اليوم الواحد ، بل كل بضع دقائق فى حالات خاصة مثل النشرات الجوية فى المطارات ومراكز اطلاق صواريخ وسفن الفضــاء .

أما المنـــاخ فهو متوسط أحوال الجو المتعاقبة فى مكان ما لمدة طويلة قد تكون شهرا أو فصلا أو سنة أو سنوات متعـددة . ولهذا نجد أن علم المناخ يهتم باظهار متوسط أو معدل أحوال الجو التى تسود منطقة ما ، بدلا من اظهار التغيرات اليومية لأحوال الجو فى المنطقة والتى يعنى بابرازها علم الميتيورولوجيا أو الأرصاد الجوية ، تلك التغيرات التى قد يكون لها أثرها فى بعض النتائج المناخية . هذا بالاضافة الى أن علم المنـــاخ يهتم بتفسير النتائج المناخية التى يستخرجها من متوسطات أو معـدلات الاحصاءات الجوية ، وذلك فى ضوء العوامل المؤثرة فيها ، سواء جاءت تلك العوامل أو الضوابط من الغلاف الجوى ذاته أو من الغلاف الصخرى أو الغلاف المائى أو الغلاف الحيــوى .

وقد درج كثير من الدارسين فيما مضى على تقرير منـاخ منطقة ما عن طريق استخدام معدلات عناصر المناخ أو الطقس اليومية والشهرية والسنوية ، بحسبان أن المناخ يمثل معدل حالة الجـو ، بينما يمثل الطقس التغيرات التى تحدث لذلك المعدل من يوم لآخر • ومن الواضح أن استخدام المعدلات وحدها لا يكفى بأى حال ، ذلك أن تغيرات الجـو وتقلباته فى مثل أهمية المعدلات المناخية ان لم تكن أهم ، فالتغير والاضطراب من ابرز خصائص الجـو •

ولكى ندلل على أن مناخ مكان ما لا يمكن تحديده بالمعدلات السنوية لعناصر الطقس وحدها ، نضرب مثالا بالمعـدلات الحرارية لمدينة ادنبرة باسكتلندا ، ومدينة بوسطون بالولايات المتحدة الامريكية • فالمعدل السنوى لحرارة كلا المدينتين متقارب جدا ، للأولى ٩ر٩°م وللثانية ٧ر٨°م • لكن المعدل الشـهرى للنهاية العظمى ، وللنهـاية الصغرى يبلغ فى بوسـطون ٢ر٢٢°م ، ٣ر٢°م على التـوالى ، وفى ادنبره ٩ر١٤°م ، ٩ر٣°م • معنى هذا أن المدى الحرارى السنـوى أكبر بكثير فى بوسطـون عنه فى ادنبره • ويوضح هذا المثال أن التغير الفصلى فى درجات الحرارة على جانب كبير من الاهمية من وجهة النظر المناخية •

ولنضرب مثالا آخر بأرصـاد الحرارة والتساقط فى مـدينتى القاهرة وجالفستون Galveston بولاية تكساس والتى يوضحها الجدول الآتى :

المدينة	الحرارة بالدرجات المئوية						كمية التساقط فى السنة بالسم
	يناير	ابريل	يوليه	اكتوبر	السنة	المدى الحرارى	
القـاهرة	٥ر١١	٨ر١٩	٢ر٢٧	١ر٢٢	١ر٢٠	٧ر١٥	٣ر٣
جالفستون	١٢	٣ر٢٠	٨ر٢٧	٣ر٢٢	٨ر٢٠	٨ر١٥	١ر١١٧

وهنا لا يقتصر التشابه فى الحرارة على المعدل السنوى ، وانما يتعداه الى المعدل الشـهرى أيضا • ومع هـذا فالاختلاف كبير بين منـاخ كل من المدينتين ، كما تدل عليه كمية المطر السنوية • ويوضح هذا المثال ضرورة استخدام كل عناصر المناخ عند المقارنة بين مختلف المناخات •

ومن الممكن استخدام عنصر آخر من عناصر المنـاخ للتفريق بين مناخ

المدينتين ، لكن ينبغى التاكيد على أن الحرارة والتساقط هما أهم عناصر المناخ ، لما لهما من اهمية عملية •

ولا تكفى المعدلات والمتغيرات الفصلية واليومية لعناصر المناخ لوصف مناخ منطقة ما وصفا كاملا ، اذ لابد من اعتبار التقلبات والتغيرات الجوية ، وحالات الشذوذ ، والتباين فى قيم مختلف العناصر المناخية •

علم المناخ بين الميتيورولوجيا والجغرافيا :

يرى بعض المهتمين بدراسة ظواهر الجو أن علم المنــاخ فرع من علم الأرصاد الجوية ، والصلة كمــا رأينا وثيقة جدا بين الفرعين ، فكــلاهما يختص بدراسة الغلاف الجوى • ومع هذا فمن الممكن اعتباره ايضا فرعــا من أفرع الجغرافيا لأنه يهتم بتوزيع الظواهر المناخية على سطح الأرض ، وتحليل العوامل المؤثرة فى انماط التوزيع الجغرافى لعناصر المناخ ، سواء كانت تلك العومل ذات اتصال بالغلاف الجوى أو الصخرى أو المــائى أو الحيوى • وتعرف تلك العوامل بضوابط المناخ ، وهى تشمل درجة العرض ، وتداخل اليابس والماء ، والتضاريس ، والتيــارات البحرية ، وخصائص توزيع الضغط الجوى والرياح • ومعظم هذه الضوابط كما نرى ذات ارتباط وثيق بسطح الأرض ، وطبيعة تبادل المادة والطاقة بين اليابس والماء والجو •

ونحن نرى فى دراسة المناخ بعناصره المختلفة التى ترتبط فيمــا بينها بعلاقات متبادلة ، وبتوزيع أنمــاطه المتنوعة على سطح الأرض والعوامل المساعدة على ذلك ، فرعــا من أفرع الجغرافيــا الطبيعية ، باعتبــار أن الجغرافيا الطبيعية تختص بدراسة الظواهر الطبيعية على سطح الأرض والتى لم يتدخل الانسان فى وجودها ، ومن بينها الظواهر المناخية •

واذا كانت الجغرافيا بصفة عامة هى العلم الذى يدرس البيئة (الظواهر الطبيعية) والانسان (مختلف نواحى نشاطه) من حيث أن كلا منهما يؤثر فى الآخر ويتأثر به ، فان الجغرافى لذلك يهتم كل الاهتمام بدراسة علم المناخ لما لظواهره من تاثير كبير على اشكال سطح الأرض ، وما ينبت فوقها من نبات طبيعى ونبات مزروع ، وما يجرى عليها من حيوان برى ومستانس ، وعلى صحة الانسان ونشاطه ، وعلى ملبسه ومسكنه وماكله ، وأنماط حرفه •

أهمية علم المناخ ومجالات الدراسة فيه :

تنبع اهمية علم المناخ من تغلغله كعامل طبيعى عظيم التاثير فى تشكيل

• سطح الأرض من جهة ، وفى مختلف نواحى الحياة نباتية وحيوانية وبشرية من جهة أخرى • وقد صار علم المنـاخ علما تطبيقيا يأخذ معظم أسـاليب البحث فيه من علم الأرصاد الجوية ، لكن أهدافه فى النهاية جغرافية ،ولهذا فعلى دارس علم المناخ من حقل الجغرافيا أن يكون متمكنا من أساليب البحث فى الأرصاد الجوية ، حتى يستطيع معالجة المشاكل المناخية باقتدار •

ويهتم علم المناخ بالتطبيقات العملية لدراسة الغلاف الجوى ، ويهدف الى تحديد انمـاط احوال الجـو وتفسيرها وامكانية استخـدامها لمصلحة الانسان • وقد ظهرت أهمية المناخ التطبيقى Applied Climatology فى أثناء الحرب العالمية الثانية ، وعظم الاهتمام به فى أعقابها ، وتعددت استخداماته ومجالات دراساته عسكريا ومدنيا •

وفيما يلى مجمل واف لمجـالات الدراسات الحـديثة وبعض النواحى التطبيقية لعلم المنـاخ •

علم المناخ التطبيقى ومجالاته

المنـاخ ومصـادر المياه :

للخصائص المناخية أهمية كبيرة فى التعرف على الموارد المائية لأى قطر أو اقليم وامكانية السيطرة على نمط توزيعها الجغرافى • ولذلك فانه عنـد دراسة الموارد المائية لأى اقليم ، ينبغى أن ندرس فى البداية ظروفه المناخية• ومن أهم تلك الظروف كمية التساقط ونظام سقوطه ، اذا ما كان فصليا أم طول العام • واذا كان المطر يسقط فى فصل معين ، فينبغى تحديد حالة هذا الفصل الحرارية ، حتى يمكن التعرف على القيمة الفعلية للتساقط ، وأثرها فى طبيعة الجريان السطحى ، كما ينبغى حساب كميات المياه التى تضيع بالتسرب فى باطن التربة Percolation ، وبالتبخر Evaporation وبالنتح Transpiration .

وتختلف مشكلات المحافظة على الموارد المائية فى المناطق الجافة وشبه الجافة عن مشكلات مصادر المياه فى المنـاطق الرطبة • ففى الأولى تتجه العناية الى استخدام كل قطرة من المياه الاستخـدام الأمثل ، نظرا لقلتها وبالتالى شدة الحاجة اليها ، وفى الثانية ينصب الجهد حول درء أخطارها لما تحدثه كثرتها من فيضانات مدمرة ، والاستفادة من الزيادة وقت الحاجة اليها عن طريق مشاريع التخزين والتنظيم • اذا كانت دراسة مصادر المياه من اختصاص علم الهيدرولوجيا Hydrology فانه قد نشأ ضمن علم المناخ

فرع تطبيقى مهم هو علم المناخ المائى Hydroclimatology ، وهو الفرع الذى يدرس الجوانب المشتركة بين علمى المناخ والهيدرولوجيا ٠

المناخ والموارد الطبيعية :

تلعب الظروف المناخية دورا مهما فى المحافظة على الموارد الطبيعية مثل صيانة النباتات الطبيعية ، والمحافظة على المراعى ، وصيانة التربة من الانجراف ، ورعاية الحيوانات البرية ووقايتها من الانقراض ٠

وتؤثر ظروف المناخ فى انبات النباتات الطبيعية وفى تنوعها وتوزيعها على سطح الأرض ٠ والتوافق وثيق بين اقاليم المناخ واقاليم النبات ، ذلك أن النبات انعكاس لظروف المناخ فى الأغلب الأعم ٠ مثال ذلك اتفاق توزيع الغابات الاستوائية فى مناطق سيادة ظروف المناخ الاستوائى ٠ وبينما يتأثر النبات الطبيعى تأثرا شديدا بكمية الامطار الساقطة فى العروض المدارية ، نجده يتاثر بالاختلاف الفصلى فى درجات الحرارة فى العروض المعتدلة والعروض الباردة ٠

ويكاد يكون لكل اقليم مناخى حيواناته وطيوره البرية الخاصة به ، اذ يرتبط التوزيع الجغرافى لها بالظروف المناخية الملائمة لمعيشتها ، حتى أن بعض الحيوانات والطيور تضطر للهجرة الفصلية وفقا لتغير الظروف المناخية ٠

وتتنوع حشائش الرعى الطبيعية تبعا لتباين ظروف المناخ ٠ كما تتنوع فصائل الحيوان وفقا لاختلاف خصائص الحشائش ٠ بل ان هناك صلة وثيقة بين نوعية الحيوان وحجمه ووزنه وادراره للألبان وبين ظروف المناخ ٠

المناخ وموارد الغذاء :

تشغل بال العالم مسالة توفير الغذاء للأعداد الضخمة المتزايدة من سكان هذا الكوكب ٠ وعلى الرغم من النجاح الذى حققه الانسان فى مجال انتاج الغذاء عن طريق الزراعة وتربية الحيوان ، فان ظروف المناخ ما تزال لها اليد الطولى فى الانتاج الزراعى ٠ ذلك أن العمل الزراعى يرتبط ارتباطا وثيقا بظواهر المناخ وعناصره كالاشعاع الشمسى والرطوبة والرياح والتساقط وحدوث الصقيع والبرد والضباب والندى ٠

وقد نشر العديد من الابحاث والدراسات التى تظهر العلاقة الوثيقة بين المناخ والزراعة ، ومن ثم تبلور فرع من فروع المناخ التطبيقى يعرف باسم

المناخ الزراعى Agroclimatology ، الذى يتناول بالدراسة أثر المناخ وأحواله على مواسم زراعة المحاصيل ومواعيد حصادها وجنيها ، وعلى ظهور الآفات الزراعية وانتشارها ، كما يهتم هذا الفرع بتكنولوجيا مقاومة الكوارث الطبيعية التى تصيب مختلف المحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة مثل الصقيع والبرد والجفاف أو شح الامطار . هذا بالاضافة الى التعرف على أنسب الأراضى لزراعة مختلف المحاصيل ، وكيفية زيادة غلة الفدان فى ظل الظروف المناخية السائدة ، وأثر الأحوال المناخية فى مراحل نمو النبات التى يعالجها **فرع من العلم يسمى فينولوجيا Phenology** ، وظواهر المناخ المؤثرة فى تحديد أوقات اعداد الأرض للزراعة ومواعيد الازهار ونضج الثمار .

كما تتدخل دراسة المناخ الزراعى فى تقرير خصائص الدورة الزراعية وتتابع زراعة مختلف المحاصيل حسب ظروف المناخ السائدة أثناء المواسم الزراعية ، وفى اختيار طرق الرى المناسبة وتنظيم مناوبات الرى ، وانسب الطرق لصرف المياه الزائدة عن حاجة النبات . ولا شك أن هذا كله يؤدى الى زيادة الانتاج الزراعى ، ومن ثم تنمية موارد الغذاء عن طريق الزراعة .

وتؤثر التقلبات الجوية على خطط التنمية الزراعية حتى فى الدول الكبرى . فقد اضطر «الاتحاد السوفيتى» الى ادخال الكثير من التعديلات فى خطط التنمية الزراعية فى السبعينيات من هذا القرن العشرين ، وذلك بسبب الكوارث والنكسات التى أصيب بها الانتاج الزراعى ، مما اضطره الى شراء الحبوب من الولايات المتحدة الأمريكية حينذاك .

وقد سبقت الاشارة الى اهمية المناخ وتأثيره فى الانتاج الحيوانى من لحوم وأصواف وألبان . وقد ثبت عن طريق أبحاث مكثفة أجريت فى كثير من دول العالم المشهورة بانتاجها الحيوانى كالولايات المتحدة واستراليا وجنوب أفريقيا ، أن أبقار اللحم تتأثر تأثيرا مباشرا بظروف المناخ السائدة منذ ولادتها وحتى تبلغ من العمر ثلاثين شهرا . ولهذا يجرى اختيار الأنواع من الحيوان التى تنمو نموا جيدا حسب نوعية المناخ السائد . ومثل هذا يقال عن حيوانات الألبان وعلاقة تذبذب ادرارها بين انخفاض وارتفاع حسب تقلبات الحرارة . فهناك درجات حرارة مناسبة لكثرة الادرار ، فاذا انخفضت الحرارة أو ارتفعت عن القدر المناسب قل انتاج اللبن . كذلك الحال حتى بالنسبة للاخصاب ، فشدة الحرارة تقلل الاخصاب بنسب متفاوتة عند الثيران والأغنام ، وبالتالى يقل تكاثرها فى المناخات الحارة .

المناخ وراحة الانسان :

تؤثر ظروف المناخ على راحة الانسان Human Comfort من عدة وجوه نعالج دراستها تحت هذا العنوان العام وهى : المناخ وجسم الانسان وملبسه ومسكنه وصحته والأمراض والأوبئة التى تصيبه · فبالرغم من التقدم التكنولوجى العظيم الذى شهدته البشرية فى هذا القرن العشرين والذى عزز قدرة الانسان على التحكم فى ظروف البيئة ، فان المناخ ما يزال يؤثر كثيرا على راحة الانسان،خاصة فى المناطق المدارية الرطبة ، حيث تقترن الحرارة بالرطوبة ، أو حيث البرودة قارسة ، كما وتؤثر ظروف الجو فى طبيعة الأمراض والأوبئة ، فلكل اقليم مناخى مرضه أو أمراضه المتوطنة ، ولهذا فقد ظهر وتطور علم المناخ الطبى Medical Climatology كفرع من علم المناخ وأصبح له كيان واهمية خاصة ·

ويهتم بحاث المناخ التطبيقى Applied Climatology بدراسة أثر ظروف الطقس والمناخ على راحة الانسان ، فهم يعنون بدراسة التغير اليومى فى درجات الحرارة وفى الرطوبة النسبية وفى حركة الرياح ، وأثر ذلك كله على نشاط الانسان ومزاجه وعلى شعوره بالراحة·ولقد سبقت لنا دراسة التقاسيم المناخية البشرية ، وعرفنا أنها تقوم على أساس العلاقة بين المناخ والانسان، أى بين ظروف المناخ وشعور الانسان بالراحة أو الضيق · وقد أصبح تحليل هذه العلاقة محور دراسات جغرافية مناخية مهمة ومثمرة ·

وتتعدد ظروف المناخ وتقلباته التى تؤثر على احساس الانسان بالراحة أو الضيق ، كما تتنوع الوسائل التى يمكن استخدامها لقياس الشعور بالراحة · ويفترض أن يشعر الانسان بالراحة فى ظل ظروف جوية تناسب حرارة جسمه وهى ٣٧°م · وتمثل هذه الدرجة التوازن الذى يحققه الجسم بين الحرارة المفقودة والحرارة المكتسبة ، ويحاول الجسم دائما أن يولد طاقة داخلية عن طريق المواد الغذائية ، وعن طريق حركة عضلاته ليتلاءم مع تقلبات الجو · ويشعر الانسان بالضيق اذا فاقت تقلبات الجو قدرة الجسم على التعادل معها · وهكذا يعيش البشر فى بيئات يتبادل معها الطاقة بمختلف الوسائل كالاشعاع والتوصيل ، وان كان التوصيل يتأثر بالملابس التى يغطى بها الانسان جسمه ·

وقد أدت الابحاث الكثيرة التى أجريت على تحليل أحاسيس الانسان وشعوره بالظروف المناخية ، الى استخدام استجاباته للتغير فى تلك الظروف مقياسا لمدى ملاءمة ظروف مناخية معلومة له ليشعر بالراحة ، ثم لمدى

الضيق الذى يشعر به عندما تتغير تلك الظروف . وقد أمكن لعلماء المناخ التطبيقى تطوير بعض الأساليب المفيدة فى تحديد العلاقة بين المناخ والانسان . ومن أهم هذه الوسائل الحرارة الفعالة Effective Temperature والمحصلة الحرارية Resultent Temperature والحرارة القياسية Standard Operative Temp ومعامل التقبل الحرارى Thermal Acceptence Ratio .

والحرارة الفعالة هى أكثر الأساليب استخداما للتصنيفات المناخية البشرية ، وقد استخدمها جافنى Gaffney عام ١٩٧٣ فى تقسيم الاقاليم المناخية باستراليا ، كما طورها تيرجونج Terjung جغرافيا بحيث أخذ فى الحسبان كلا من الاشعاع الشمسى Insolation وتأثير الريح Wind Chill عند تقسيمه للأقاليم المناخية الفيزيولوجية فى الولايات المتحدة الامريكية . أما موندر Maunder فقد أخذ فى الحسبان عند تقسيمه قارة استراليا الى أقاليم مناخية بشرية عدا كبيرا من المتغيرات المناخية التى تؤثر على احساس الانسان بالجو وشعوره بالراحة والضيق منه .

وقد تمخضت هذه الدراسة عن تصنيفات مناخية مفيدة فى كثير من المجالات التى من أهمها :

١ ـ فى مجال جغرافية السياحة ، فالظروف المناخية تتحكم فى اختيار مواقع المشاتى ومناطق الاصطياف ، كما تؤثر على طبيعة الألعاب الرياضية التى تناسب كل فصل من فصول السنة ، وفى التقاسيم المناخية البشرية ارشادات لتحديد أفضل المناطق للتنزه والاستجمام ، وأنسب الأوقات لممارسة هذا النشاط ، وأكثر أنواع الملابس ملاءمة ، ويمكن عن طريق هذه التصنيفات اكتشاف مناطق جديدة لقضاء العطلات .

٢ ـ فى مجال الجغرافيا الطبيعية ، فقد برهنت التقاسيم المناخية البشرية على أهميتها فى تحديد المناطق التى تنتشر فيها الأمراض ، وبحث العلاقات بينها وبين ظروف المناخ السائدة ، كما أنها مفيدة فى اختيار أنسب المناطق لمرضى أنواع معينة من الأمراض ، فقد يصلح الجفاف مثلا لمرضى الصدر .

٣ ـ فى مجال جغرافية المدن ، فالمدن أضحت ذات خصائص مناخية تميزها عن الريف المحيط بها . وفيها يظهر تأثير الانسان على ظروف المناخ بصورة واضحة . ذلك أن المدن الكبرى تحظى بتجمعات بشرية كبيرة ، وفيها تنتشر المساكن ، وتكثر المصانع ، وتتعدد وسائل النقل والمواصلات ،

وكلها عوامل مهمة فى التأثير على عناصر المناخ فى المدينة الكبيرة مثل الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والأمطار ، لدرجة أنه يمكن القول بأن كل مدينة كبيرة قد صنعت لنفسها مناخا محليا خاصا بها .

وقد تبين من مختلف الدراسات التفصيلية أن درجات الحرارة الدنيا فى المدن الكبيرة أعلى منها فى الريف المجاور ، واحتمالات حدوث الصقيع أقل،وذلك لأن المدن تستهلك كثيرا من الوقود فى المصانع والمنازل والسيارات مما يعمل على تدفئة أجوائها . كما أن أمطار المدن أغزر من أمطار الريف المجاور واحتمالات هبوب عواصف الرعد والبرق وتساقط البرد أكثر ، وذلك لأن جو المدن أكثر تلوثا بكثير من هواء الريف ، وعوالق الجو مهمة فى احداث التساقط .

وتظهر مواضع المدن على خرائط الحرارة المحلية فى شكل مراكز شذوذ حرارى موجب تسمى **الجزر الحرارية** **Heat Islands** ، لأنها تمثل مراكز محلية تختلف فى حرارتها اختلافا واضحا عن جهات الريف المحيط بها . ويزداد تأثير المدن على حرارة جوها أيام العمل ، لكن الحرارة تنخفض أيام العطلات الرسمية وعطلات نهاية الأسبوع حينما يتوقف العمل فيها ، ويصل الفرق الحرارى بينها الى نحو ١٠ – ١٢°م .

ويعد المناخ من الأمور المهمة التى توضع فى الحسبان عند اختيار مواقع المدن الجديدة وتخطيطها . وهنا يتدخل بحاث المناخ التفصيلى **Microclimate** لدراسة مدى تأثر هذا الموضع بالرياح المحلية حسب الموقع سواء كانت تلك الرياح ممثلة بنسيم البر والبحر ، أو بنسيم الجبل والوادى ، وبامكانية حدوث الضباب ، ومدى تعرض الموضع للأعاصير وللسيول ، وظروف الحرارة تبعا للارتفاع .

ويدخل المناخ كعامل مهم أيضا فى تخطيط مراكز العمران الجديدة ، وفى تحديد اتساع الطرق والشوارع وارتفاع المبانى وتوزيع الحدائق العامة ، لضمان وصول نسبة معقولة من أشعة الشمس الى المنازل ، ومعرفة الاتجاه السائد للرياح مهم فى تعيين مواضع المصانع حتى لا تتأثر الأحياء السكنية بالدخان والغبار الصناعى .

وبالرغم من أن وسائل التدفئة والتبريد الحديثة قد جعلت من المناخ عاملا ثانويا داخل المسكن ، فان المهندسين يعنون عند تصميم المساكن باعتبار الخصائص المناخية فى توجيه المساكن واختيار المواد التى تبنى منها ، لأن

السطح الخارجى للمنزل يظل معرضا لأحوال الجو السائدة • ذلك أن أسقف المنزل وجدرانه تمتص مقدارا من الاشعاع الشمسى وتعود فتشعه الى الداخل ، كما أن الجدران الجنوبية والغربية تحظى باشعاع شمسى يفوق ما تناله الجدران الشرقية والشمالية ، وقد وجد أن الفرق فى حرارة الجدران المعرضة للشمس وتلك الواقعة فى الظل قد يصل الى ٢٠°م •

المناخ وتلوث الجو :

اهتم كثير من بحاث المناخ بدراسة تلوث الهواء Air Pollution وذلك بسبب آثاره السيئة على صحة الانسان • ويرتبط بتلوث الهواء مشكلة عامة تخص الغلاف الجوى بكامله ، ومشكلة محلية تتصل بجو المدن خاصة منها المدن الصناعية • وفى كلتا المشكلتين تتدخل الدراسات المناخية لمكافحة التلوث عن طريق تحليل أبعاده والكشف عن آثاره ومضاعفاته سواء على المستوى المحلى أو على مستوى الغلاف الجوى بأجمعه •

أما المشكلة المحلية فتختص بارتفاع درجة تلوث هواء المدن الصناعية بالدخان والغبار الصناعى والغازات السامة التى تنفثها مداخن المصانع بصفة مستمرة ، وشدة أخطار هذا التلوث على صحة الانسان وحياته • وقد قدر مقدار ما يخرج من عوادم المصانع ويلوث جو مدينة ليدز بالمملكة المتحدة ما يزيد على ٣٥ ألف طن كل عام • ويؤثر انتشار هذه الشوائب فى الاشعاع الشمسى فيحجز قسما منه ويرده للفضاء ويمتص قسما آخر ، ويسبب حدوث الضباب الأسود الذى يهلك البشر • ومثل هذا الضباب الذى خيم على مدينة لندن عام ١٩٠٢ تسبب فى مصرع عدة آلاف من سكان المدينة • وحدث مثل ذلك فى وادى الميز Meuse ومنطقة الرور عام ١٩٣٠ حيث تنتشر المصانع التى تدار بالفحم كوقود •

وبسبب كوارث التلوث وأخطارها المحدقة ، اهتم بحاث المناخ بدراسة أجواء المدن الصناعية والمدن الكبرى المكتظة بالسكان ، لتقرير مكونات التلوث ، وتحديد آثاره على مناخ المدن ، وعلى صحة سكانها •

أما مشكلة تلوث جو كوكب الأرض بصفة عامة فتتلخص فى التعديلات التى أدخلها نشاط الانسان على التركيب الكيميائى للهواء منذ بداية الثورة الصناعية وحتى الآن ، والتى تتمثل فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، ثم تلوث طبقة الاستراتوسفير •

ويوجد ثانى أوكسيد الكربون فى الجو بنسبة مقدراها حوالى ٠٣ر٠٪

ويقدر العلماء أن الزيادة التى طرأت على هـذه النسبة منذ بداية الثورة الصناعية وحتى الآن تبلغ نحو ١٠٪ • وتؤثر زيادة هذا الغـاز على المناخ لأنها تؤثر على موازنة الاشعاع لسطح الأرض • ذلك أن غاز ثانى أوكسيد الكربون يمتص قسما من الاشعاع الأرضى ويمنعه من النفـاذ الى الفضاء ، وهذا يؤدى الى رفع درجة الحرارة وصهر قسم من الجليـد المتراكم فوق المناطق القطبية وفوق أعالى الجبال ، ويترتب على ذلك رفع منسوب البحار والمحيطات وطغيانها على السهول الساحلية المنخفضة والعامرة بالسكان • ولهذا فقد حظى هذا الموضوع بدراسات مكثفة من قبل العديد من رجال المناخ للوقوف على أثر زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو على ارتفاع درجة الحرارة العالمية •

أما تلوث طبقة الاستراتوسفير فيأتى عن طريق الطيران النفاث ، الذى ينفث كميات هائلة من بخار الماء وثانى أوكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيترات • وتعمل هذه الغازات على تناقص نسبة غاز الاوزون ، وارتفاع نسبة تكون السحب ، وارتفاع درجة حرارة طبقة الاستراتوسفير يصل الى نحو ٥ر١°م • وكلها ظوهر خطيرة يعنى بدراستها علماء المناخ •

المنـــاخ والتصـــحر :

أبدت كثير من كتابات العلماء أثر المناخ فى خلق الظروف الصحراوية ، حيث ساهمت حركة وتغيرات الكتل الهوائية ضد الاعصارية (نطاق الضغط المرتفع حيث الهواء الهابط) خلال العقود القليلة الماضية فى حدوث زحف للصحراء الكبرى الافريقية نحو الجنوب ، عن طريق هبوب الرياح التجارية الجافة • فتحولت بذلك الأراضى المتاخمة للهامش الجنوبى من الصحراء الى أراضى صحراوية قاحلة • فقد كان النطاق شبه الصحراوى فى السودان قبل عشر آلاف سنة يشغل المنطقة المحصورة بين دائرتى عرض ١٦ ــ ١٨° شمالا ، والتى تحولت الآن الى صحراء جرداء •

ولاشك ان العامل البشرى مهم فى عملية التصحر من خلال زيادة السكان وضغطها على المواد الطبيعية فى الأقاليم الهامشية ، وسوء استخدام الأرض بالزراعة والرعى الجائرين ، والاحتطاب ، والاستغلال السيىء للأشجار ، مما يؤدى الى تدهور التربة والغطاء النباتى ويعجل ظاهرة التصحر •

ويمكن القول بأن التوازن البيئى القائم فى هذه الأقاليم الهامشية شبه الصحراوية بين الأرض والغطاء النباتى والظروف المنـاخية متذبذب وغير

ثابت ، ويجعل أى تغير طارىء يخل بهذا التوازن ، ولا سيما اذا ما صاحبه استخدام جائر للأرض مما يؤدى الى التصحر ٠

هذا وتقدر الزيادة التى طرأت على مساحة الأراضى الصحراوية المجدبة بنحو مليون كيلو مترا مربعا منذ بداية الثلاثينيات من هذا القرن العشرين، مما يهدد موارد الغذاء لنسبة كبيرة من سكان المعمورة تصل لنحو ١٦٪ ٠

وقد طور جيول شارنى Jule Charney عام ١٩٧٥ الباحث فى معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا بالولايات المتحدة نموذجا مناخيا يبين **تأثير زيادة معامل انعكاس الأشعة الشمسية Albedo من الصحارى على عملية التصحر** ٠ وقد حاول شارنى أن يتتبع فى نموذجه أثر تناقص الغطاء النباتى فى الهوامش الصحراوية على زيادة معامل انعكاس الأشعة ، وزيادة نشاط حركة التيارات الهوائية الهابطة ، مما يزيد جفاف الهواء ، ويعاون بالتالى على اتساع مساحة الصحراء ٠ معنى ذلك أن تحول جزء من الهامش الصحراوى الى صحراء يساعد على البدء فى تحول جزء آخر الى التصحر بفعل التعديلات المناخية (زيادة الجفاف) التى تحدثها عملية التصحر ٠

المناخ والطاقة والصناعة والنقل :

تلعب أبحاث المناخ التطبيقى دورا مهما فى الجهود المبذولة لتنمية **مصادر الطاقة** والحفاظ عليها ، والاقتصاد فى استخدامها واستهلاكها ، وفى البحث عن وسائل جديدة لتنويع مصادرها ٠ مثل **طاقة الرياح والأمواج الشمسية** ٠ وتتدخل ظواهر الجو كالبرق وتساقط الثلج وتراكم الجليد فى التأثير على وسائل نقل بعض أنواع الطاقة مثل الطاقة الكهربائية ٠

ويعتبر المناخ أحد العوامل المؤثرة فى الصناعة ، وفى اختيار مواقعها ، ذلك أن التفاوت فى درجات الحرارة وتساقط الثلوج ، والرياح العاتية ، والأعاصير العنيفة ، والأمطار الغزيرة ، والتفاوت فى نسب الرطوبة ، كلها ظواهر مناخية تؤثر فى كثير من المشاريع الصناعية ٠ مثال ذلك صناعات القطن التى تتطلب رطوبة عالية لذلك تركزت فى اقليم لانكشير فى غربى انجلترا ، بينما توطنت صناعة الصوف فى شرقيها فى اقليم يوركشير حيث الرطوبة أقل ، وارتفاع الرطوبة فى النصف الشمالى من الدلتا المصرية هو من بين أسباب تمركز صناعات القطن فى المحلة الكبرى وكفر الدوار والاسكندرية ٠ ومثل هذا يقال عن صناعة السيجار والسجاير التى تتطلب ايضا رطوبة عالية ٠

ويقلل ارتفاع الحرارة الشديدة أو انخفاضها الكبير من القدرة الانتاجية للعمال ، فاذا ما زادت عن ٣٠°م أو انخفضت عن الصفر ، هبطت انتاجية العامل الى أقل من النصف ٠ كما وأن اعتدال الحرارة وكثرة ساعات سطوع الشمس يساعد على توطن صناعات معينة مثل صناعة الطائرات وصناعة السينما كما فى ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الامريكية ٠

ويعد المناخ أهم العوامل التى تؤثر فى حركة النقل بأنواعه المختلفة ، وتأتى الملاحة الجوية فى مقدمة هذه الانواع من حيث تأثرها بالظروف المناخية ، ولهذا فالارتباط وثيق بين الأرصاد الجوية والطيران ، ويصير تزويد قائد الطائرة ببيانات شاملة عن جميع أحوال الطقس على امتداد رحلته ، وفى ضوئها يستطيع أن يقرر خط سير رحلته ، وأن يحدد أنسب ارتفاع يطير فى مستواه ٠ ومثل هذا يقال عن الملاحة البحرية وارتباطها باتجاه الريح وسرعتها ، وتأثرها بالأنواء والعواصف والزوابع والأعاصير التى تثير الأمواج العاتية ٠

وتتأثر حركة النقل البرى أيضا بالتقلبات المناخية ٠ فالضباب والعواصف والأعاصير ، والرياح المحملة بالأتربة ، والأمطار الغزيرة السيلية ، والثلوج المتراكمة ، وتجمد مياه الأنهر والبحيرات والتربة فى شتاء الأقاليم المعتدلة الباردة والباردة ، وارتفاع الحرارة الشديدة فى الأقاليم المدارية الحارة والجافة ، كلها ظواهر مناخية ذات تأثير بالغ فى طرق ووسائل النقل البرية والبحرية والسكك الحديدية ٠

وما من شك فى أن الدراسات المناخية عامل مساعد يتوخاه مصمموا الطرق ووسائل النقل ، لكى تتناسب مع الأجواء التى توجد فيها ٠

المناخ والحروب والصناعات الحربية :

تلعب ظروف الطقس والمناخ دورا بارزا فى سير المعارك الحربية وحسم نتائجها ٠ وكثيرا ما كانت ظواهر الجو سببا فى خسارة أو كسب بعض المعارك المهمة ٠ ومن المؤكد أن بعض فصول السنة تكون أنسب من غيرها لنجاح العمليات الحربية ، **ويذكر التاريخ أن من بين الأسباب الرئيسية لفشل حملة نابليون على أراضى روسيا** خطأه فى اختيار موعد الغزو فى فصل الشتاء القارس البرودة ٠ بينما نجح الألمان فى غزوهم الخاطف لبولندا أثناء الحرب العالمية الثانية لحسن اختيارهم لموعد الهجوم أثناء انقطاع هطول الأمطار ٠ وبحسب نوع الأسلحة يختار القائد موعد العمليات الحربية ، فالجيوش النظامية التى تستخدم الأسلحة الثقيلة والطائرات تفضل الأشهر

التى تقل فيها الأنواء والأمطار للقيام بعمليات الغزو ، بينما يفضل قادة حروب العصابات الأيام المطرة للقيام بهجماتهم المفاجئة فى حماية الطقس العابس الماطر .

وتراعى صناعات الحرب ظروف الطقس والمناخ فى تصميم الأسلحة والمعدات الحربية ، بل وفى تصميم ملابس الجنود وتحديد نوع غذائهم .

هذا وتطالعنا الصحف كل يوم بأنباء تأجيل اطلاق صاروخ أو سفينة فضاء أو مكوك فضائى لسوء الأحوال الجوية . وقريب الى الأذهان فشل تجربة المكوك الفضائى الامريكى والكارثة التى حلت بملاحيه بسبب سوء اختيار موعد اطلاقه ، وتعرضه للآثار الضارة التى لحقت به بسبب اضطراب أحوال الجو (كان ذلك فى عام ١٩٨٧) .

أفرع علم المناخ :

بعد أن عرضنا لأهمية المناخ ومجالات الدراسة والبحث فيه ، يمكننا أن نميز فيه عدة فروع حسب الموضوعات التى تعالجها ، وهى :

١ ـ علم المناخ العام Microclimatology :

ويدرس مختلف عناصر المناخ وظواهر الجو والعوامل المؤثرة على مستوى سطح الأرض جميعا ، كما يعالج هذه الخصائص على مستوى القارات .

٢ ـ علم المناخ المحلى Local Climatology :

ويدرس مختلف عناصر المناخ وظواهره فى مناطق محدودة المساحة .

٣ ـ علم مناخ المناطق المتوسطة المساحة Mesoclimatology :

يعالج هذا الفرع ، كما يدل الاسم ، ظواهر المناخ وخصائصه فى مناطق متوسطة المساحة ، عادة ما تكون فى حدود مساحة دولة .

٤ ـ علم المناخ التفصيلى Microclimatology :

وتختص الدراسة فية بمناطق محدودة جدا من سطح الأرض وفى مجال بضعة الأمتار السفلى من الغلاف الجوى الملامسة لسطح الأرض . فيهتم بدراسة مناخ المدن أو أجزاء منها ، ومناخ المزارع ، ومناخ الغابات ومناخ سطح التربة فى منطقة معلومة ، أى مناخ طبقة من الهواء سمكها نحو المتر الملاصقة لسطح التربة . ويعتبر جايجر R. Geiger عالم المناخ الألمانى

الرائد الأول لعلم المناخ التفصيلى ، وما يزال كتابه الذى ظهر لأول مرة عام ١٩٥٠ ، وتعددت طبعاته بعد ذلك ، هو أعم الكتب التى صدرت فى موضوع المناخ التفصيلى ، ونشرت له مطبعة هارفارد كتابا فى المنـاخ التفصيلى بالانجليزية عام ١٩٦٥ (أنظر قائمة المراجع) .

٥ ــ المنـاخ الوصفى Climatography :

ويهتم بوصف البيانات المناخية وتبويبها ووضعها فى جداول ثم تمثيلها فى رسومات بيانية . ومن أشهر الكتب فى هذا المجال كتاب كيندرو Kendrew المعروف باسم مناخ القارات The Climates of the Continents .

٦ ــ المناخ الاحصائى الرياضى :

وهو يهتم باستخدام الاشكال الاحصائية والمعادلات الرياضية فى تمثيل البيانات المناخية ، الى جوار الوصف ، ومن ثم فهو أكثر تطويرا للدراسات المناخية من المناخ الوصفى .

٧ ــ المناخ الشمولى أو الاجمالى Synoptic Climatology :

وكان يعرف قديما باسم علم المناخ الديناميكى Dynamic Climatology وهو يدرس خصائص الغلاف الجوى وظواهره بصفة عامة ، ويستخدم قواعد علم الفيزياء وعلم الهيدروديناميكا فى تلك الدراسة . ويستفاد منه فى بناء النماذج المناخية والتنبؤات الجوية .

علم المناخ التطبيقى Applied Climatology :

ازدادت أهمية المناخ التطبيقى أثناء الحرب العالمية الثانية وما بعدها ، تبعا لما أظهرته الحرب من أهمية بالغة لظواهر الطقس والمنـاخ فى سير المعارك، اضافة الى ما صاحب ذلك من تقدم الأرصاد الجوية ، وكل ما يرتبط بها من دراسات الطقس والمناخ . ولم يقتصر المناخ التطبيقى على الشئون الحربية والعسكرية ، بل اتجه الى النواحى التطبيقية البشرية لحل المشاكل الاقتصادية العديدة والمتنوعة والتى أفرزتها كـوارث الحرب ، على نحو ما سبق شرحه .

وقد غدت الجوانب التطبيقية لعلمى المنـاخ والأرصاد الجوية ميسرة بعدهما تقـدم البحث فى مجـال علم المناخ التفصيلى ، وبـذلك تشعبت موضوعات التطبيق فى علم المناخ وشملت كل نواحى الحياة البشرية على النحـو التالى :

- المناخ التطبيقى الزراعى — Agroclimatology
- المناخ التطبيقى الصناعى — Industrial Climatology
- المناخ التطبيقى الطبى — Medical Climatology
- المناخ التطبيقى النباتى — Phytoclimatology
- مناخ التربة التطبيقى — Pedoclimatology
- المناخ التطبيقى المائى — Hydroclimatology

تطور علمى الارصـاد الجوية والمناخ

ظواهر الجو فى مفهوم شعوب الحضارات القديمة :

استرعت تقلبات الجو انتباه الانسان وأثارت اهتمامه منذ أقدم العصور ، فقد كان يبهره تغير الجو وسقوط الأمطار وحدوث البرق والرعد ، فحاول أن يفهم هذه الظواهر ، ويبحث عن أسبابها ، فاذا ما أعيته الحيل ، وعجز عن تفسيرها ماديا ، وأدرك قوتها الهائلة التى تتحكم فى حياته اليومية ، لجأ إلى مناجاتها والتقرب اليها بالتقديس والعبادة • فـاذا كانت ظواهر الجو البارزة تقترن لدى شعوب الحضارات القديمة بالأساطير والخرافات ، ومايزال بعضها قائما حتى وقتنا الحاضر بين الشعوب والجماعات البدائية فى أنحاء متفرقة ومعزولة عن نور المعرفة والعلم •

وقد كان **المصريون الفراعنة والصينيون القدماء وشعـوب بابل وآشور** أقدم الشعوب التى اهتمت بملاحظة الجو وظواهره ، ونظرا لأنهم جميعا أصحاب حضارات زراعية ، فقد كانت محاولاتهم مـوجهة للتنبؤ بالفصول ومواسم الزراعة عن طريق ملاحظة النجوم وتقدير مواقعها ، ولتحديد الزمن والتنبؤ بتقلبات الجو بواسطة مراقبة أوجه القمر أيضا • وقد كانت الشمس معبود الفراعين فى صورة الاله «رع» و «آمون» أو قرص الشمس «آتون» ، وهو المسئول فى نظرهم عن وصول أشعة الشمس الى سطح الأرض ، وبعث الحياة فى كل الكائنات الحية •

واعتقد الاغريق (اليونانيون القدامى) أيضا فى قدرة الظواهر الجوية وألهوها ، فاعتبروا الاله بورياس Boreas مسئولا عن هبوب الرياح ، والاله بلوفيوس Pluvius عن سقوط الأمطار • ولكن بعضا من علمائهم نظروا الى ظواهر الجو نظرة علمية ، فوضعوا التقاويم التى تخص الرياح واتجاهاتها وخصائصها ، وأقاموا فى القرن الثانى قبل الميلاد برجا فى وسط مدينة أثينا عرف باسم «برج الرياح» ، وكان البرج مزودا بسـاعة مائية ، وله ثمانية

أوجه ، يشير كل وجه منها الى جهة من الجهات الأصلية والفرعية التى تهب منها الرياح ، وحفروا فى كل وجه شكلا يشير الى نوع الرياح وخصائصها التى تهب من جهة هذا الوجه .

وقد وضع **أبو قراط كتابا** فى عام ٤٠٠ ق٠م ، يبحث فى العلاقة بين الظروف الجوية والانسان ، ووضع له عنوانا هو : الهواء والمياه والأماكن وتبعه **أرسطو الذى كتب موسوعة أسماها الميتيورولوجيا Metcorologica الذى** يعتبر أول كتاب يبحث فى ظواهر الجو بصورة واقعية ٠ وفيه قسم أرسطو الجو الى ثلاثة مستويات : السفلى يعيش فيه النبات والحيوان والانسان ، والمستوى الأوسط ويتميز بشدة برودته ، ثم المستوى العلوى وهو شديد الحرارة ، وتجاوره النيازك والشهب ٠ لم يكن لدى أرسطو ومواطنيه أجهزة لقياس ظواهر الجو ، لهذا كانت آراؤهم وأفكارهم مبنية على الملاحظة والتأمل ، ولم يكن من المستطاع الوصول الى قواعد وأصول لعلوم الطقس والمنـاخ ٠

ظواهر الجو عند العرب المسلمين :

ساهم العلماء العرب المسلمون فى انماء وتطوير علم المناخ ، ففى عصر الترجمة أيام الخليفة المأمون العباسى ، وقف العرب المسلمون على علوم الاغريق عن طريق ترجمتها الى العربية ، ومن بينها كتب المناخ التى فحصوها ، وتركوا ما بها من خرافات ، وحافظوا على ما بها من افكار قيمة ، اعتبروها قواعد ومبادىء انطلقوا منها الى رحاب الفكر العلمى الصحيح ٠

وقد ساعد العرب على بذل الجهود فى ميدان الدراسات المناخية أمران :

١ ــ اشتغال العرب بالتجارة وركوب البحر ، ورحلاتهم الدائمة فى بحر العرب وفى المحيط الهندى،أعانهم على ملاحظة الجو والدورة الهوائية فوق المحيط الهندى ، كما حفزهم على دراسة الرياح الموسمية ، والأعاصير والزوابع المدارية التى كانت تعترض مسارات سفنهم فى رحلاتها بين جنوب شبه الجزيرة العربية وجنوب آسيا وجنوب شرقها ٠ ومن الواضح أن كلمة Monsoon التى تعنى الرياح الموسمية مأخوذة أصلا من الكلمة العربية «موسم» ، وكلمة تيفون Typhoon التى تطلق على الزوابع فى المحيط الهادى والهندى مأخوذة ايضا من كلمة «طوفان» العربية ٠

٢ ــ الفتوحات الاسلامية ، وترامى أطراف الامبراطورية الاسلامية

• ودخول العرب فى أجواء جديدة تتميز بظواهر مناخية متباينة ، ومختلفة عن ظواهر المناخ فى بلادهم الأصلية ، كل ذلك كان دافعا لعلمائهم على دراسة الصلات بين انماط المناخ وظواهر الطقس وتأثيرها فى عادات الشعوب وتقاليدهم وأوجه نشاطهم .

ويعد على بن الحسين المسعودى المتوفى سنة ٩٥٧م من أبرز من كتب فى ظواهر المناخ من المفكرين العرب . وقد كتب فى مؤلفه «مروج الذهب ومعادن الجوهر» وفى كتابه المسمى «الأوسط» ، عن استدارة الأرض والغلاف الجوى المحيط بها وعن طبيعة العواصف،كما وصف الرياح الموسمية فى الخليج العربى (الفارسى) وبحر العرب والمحيط الهندى . وتناول فى كتابه «التنبيه والاشراف» الأفلاك وهيئاتها ، وفصول السنة والرياح واتجاهاتها وآثارها .

أما أبو الريحان محمد البيرونى المتوفى فى سنة ١٠٤٨م ، الذى كان موسوعة علمية ، فقد كتب الكثير عن ظواهر الجو ، وشرحها شرحا طيبا ، ومنها الرياح الموسمية وأثر جبال الهيمالايا فى مساراتها وفى سقوط الأمطار ، كما عرض لمناخ مختلف البلدان التى زارها .

وفى مقدمة ولى الدين بن خلدون الذى توفى عام ١٤٠٦م دراسات مستفيضة ودقيقة عن المعتدل من الاقاليم والمنحرف ، وتأثير الهواء فى ألوان البشر ، وفى الكثير من احوالهم . وتتضح فى كتاباته الحتمية الجغرافية التى اشتهر بها حديثا هانتينجتون Huntington الشديد التعصب لعامل المناخ على أنه العامل الرئيسى فى تطور الحضارة الانسانية ، وفى تحديد مراكزها . وقد عزا اسباب الاختلافات المناخية من مكان لآخر بالتباين فى زوايا سقوط أشعة الشمس تبعا لدرجات العرض المختلفة .

تطور علم المناخ فى عصر النهضة وحتى نهاية القرن الثامن عشر :

الواقع أن أصول علم المناخ الحديث نجدها بداية فى عصر النهضة الحديثة Renaissance فى أوروبا ، حين بدأ اختراع أدوات الرصد الجوى والتسجيل الآلى لبيانات عناصر الطقس . فأخذت دراسات الطقس والمناخ تخطو بعد ذلك خطوات واسعة فى طريق النمو والتقدم ، واحتلت مكانة طيبة بين العلوم الطبيعية منذ ذلك الوقت . وقد ساهم فى هذا التطور والتقدم اختراع اجهزة الرصد الحديثة مثل الترمومتر أو ميزان الحرارة الذى اخترعه جاليليو Galileo فى عام ١٥٩٠م ، والبارومتر أو مقياس الضغط الجوى الذى اخترعه توريتشللى فى سنة ١٦٤٣م .

وقد كان اختراع هذين الجهازين بداية لمرحلة جديدة ومهمة للغاية فى تاريخ وتطور علم الارصاد الجوية والمنـاخ ، ونهاية لمرحلة طويلة امتدت منذ أقدم العصور البشرية وحتى القرن السادس عشر الميـلادى ، أثناءها كانت دراسات ظواهر الجو تعتمد على الملاحظة والوصـف ، ثم الخروج بنتائج غير دقيقة ، معظمها يعتمد على مجرد التخمين . وقد ساعد اختراع هذين الجهازين على انشاء عدة مراصد صغيرة فى بلـدان متفرقة من قارة أوروبا ، يتم فيها قياس درجات الحرارة والضغط الجوى ومن ثم بدأ يشيع استخدام المنهج العلمى المبنى على الملاحظة والقياس فى الدراسات المناخية.

وقد شهد القرن السابع عشر تقدما ملحوظا للدراسات الخاصة بظواهر الجو خصوصا فى ايطاليا وبريطانيا والولايات المتحدة . فقد حظيت هذه الدراسات باهتمام كبير من جانب الأكاديمية الايطالية والمشتغلين بها من تلاميذ جاليليو ، وأنشأ فرديناند الثانى دوق توسكانيا عدة محطات للرصد فى شمال ايطاليا فى عام ١٦٥٣ . وكان هذا حافزا على تطوير صناعة أدوات الرصد لقياس الحرارة والضغط وكميات المطر . وقام عالم الفلك البريطانى ادموند هـالى E. Halley فى عام ١٦٨٦م بنشر دراسـات قيمة عن الرياح الموسمية ، وذكر أن سبب هبوبها يرجع الى اختلاف الحرارة بين اليابس والماء من جهة ، وبين دائرة الاستواء والقطبين من جهة أخرى ، كما نشر فى عام ١٦٨٨ أولى الخرائط المناخية فى أوروبا ، وضـح فيها نظم الرياح التجارية والرياح الموسمية ، وقد جاءت خريطته صحيحة الى حد كبير ، رغم أنها كانت مبنية على ما كان يرويه الملاحون فى وصفها ، فلم تكن هناك أرصاد واقعية حينذاك . أما فى الولايات المتحدة فقد تم العثور على خريطة للطقس فى احدى قلاع حوض نهر ديلاوير Delaware رسمها جون كامبانيوس فى عام ١٦٤٤ .

وفى خلال القرن الثـامن عشر انتشرت المراصد الجـوية فى أوروبا ، وتجمعت حصيلة ضخمة من البيانات المناخية ، كـان لزاما على المشتغلين بظواهر الطقس تلخيصها وتحليلها وتمثيلها . كما حاول بعض البحاث مثل هادلى Hadley فى عام ١٧٣٥ ، التوصل الى تفسير اتجاهات الرياح عن طريق فاعلية وتاثير دوران الأرض حـول نفسها ، وان كان التفسـير الكامل لهذه العلاقة لم يتم الا فى أوائل القرن التاسع عشر الميلادى . ولم يقتصر الأمر على الاهتمام برصد وتفسير ظواهر الجو فى المستويات السفلى من الجو ، بل اتجه اهتمام بعض العلماء مثل ويلسون Wilson الاسكتلندى الى قيـاس حرارة الهـواء فى المستويات العليـا ، وذلك عن طريق ربط

. ترمومترات بطائرات ورقية ، وكان هذا لفتا لانتباه المشتغلين بعلوم الجو لأهمية معرفة خصائص الطبقات العليا من الجو عن طريق اختراع أدوات وأجهزة تعين على ذلك ، فاستخدمت البالونات فيما بعد .

تطور علم المناخ خلال القرن التاسع عشر :

ومع بداية القرن التاسع عشر ، تبدأ مرحلة جديدة فى تاريخ علمى الطقس والمناخ ،وكان قد اقيم بدول أوروبا حوالى ١٢ محطة للرصد الجوى، وخمس محطات بالولايات المتحدة الامريكية . وفى **النصف الاول من ذلك القرن** ، اتجه العلماء نحو محاولة تفسير ظواهر الجو ، وكان جل اهتمامهم منصبا على دراسة الأعاصير والزوابع ومحاولة تفسير حدوثها .

وكان العالم الألمانى دوف H. W. Dove من ابرز علماء القرن التاسع عشر الذين ساهموا فى انماء الدراسات الخاصة بظواهر الطقس والمناخ خلال ذلك القرن . فقد عنى بدراسة الكتل الهوائية المدارية والقطبية ، وفسر بتواليها الاختلافات المناخية ، كما فسر نشأة العواصف والأعاصير بالتقائها . وكان اول من حسب عن طريق معادلة رياضية الموازنة الاشعاعية لمكان ما ، بناء على المقارنة بين الاشعاع الشمسى الذى يكتسبه المكان وما يفقده نفس المكان بالاشعاع الأرضى ، كما رسم أول خريطة للعالم لتمثيل المعدل الشهرى لدرجات الحرارة فى عام ١٨٥٠م .

أما مواطنه المتيورولوجى براندير Brandes الذى رسم خرائط للطقس Synoptis Charts واستعان بها فى دراسة ظواهر الجو ، فكان الرائد الأول لهذا اللون من الدراسة . واهتم مورى M. F. Maury وريدفيلد Redfield فى أمريكا بتفسير حدوث العواصف المدارية وآثارها على الساحل الامريكى وجزر الأنتيل . وقد اكمل هذه الدراسات وطورها اسبى Espy **مدير أرصاد** بنسلفانيا والذى أنشأ مصلحة الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة ، وساعده **لوميز Loomis** الذى وجه اهتمامه لخرائط الطقس . وفى عام ١٨٤٥ تمكن بيرجهاوس Berghaus من رسم أول خريطة لتوزيع الامطار السنوية فى العالم .

ومع بداية النصف الثانى من القرن التاسع عشر انشئت ولأول مرة ، ادارة حكومية للأرصاد الجوية هى «مصلحة الأرصاد الجوية البريطانية» ، وكان ذلك فى عام ١٨٥٤ ، وقد أخذت على عاتقها جمع بيانات الرصد الجوى من الدول المجاورة ، وتسجيلها على خرائط طقس يومية . لكن نشر خرائط الطقس اليومية لم يبدأ فى بريطانيا الا فى عام ١٨٧٢ . وساعد على ذلك اختراع الاتصال البرقى السلكى فى عام ١٨٤٠م ، الذى سهل نقل رسائل الأرصاد بين مختلف محطات الرصد .

ومن بين من ساهموا فى تقدم علم المناخ فى تلك الحقبة الأميرال البريطانى فيتز - روى Fitz-Roy الذى اهتم بامور التنبؤ الجوى ، وكان لأبحاثه أثرها فى عقد أول مؤتمر متيورلوجى عالمى فى مدينة فيينا عام ١٨٧٣ . وفى فرنسا كان للمتيورولوجى لى فيريير Le Verrier الفضل فى نشر أول خريطة يومية للطقس فى فرنسا ، وكان ذلك فى عام ١٨٦٣ . كما اهتم بالوت Buys Ballot فى هولندا بانشاء عدد من المراصد ، ورسم خرائط طقس يومية ، التى من خلال دراستها تمكن من استنتاج **قاعدته المشهورة والخاصة بحركة الرياح** بين خطوط الضغط المتساوى ، والتى أعلنها فى عام ١٨٥٧ ، ومؤداها أن الرياح تتحرك بين خطوط الضغط المتساوى بحيث يكون الضغط المرتفع على يمينها وهى متجهة الى الجهة التى تهب اليها وذلك فى نصف الكرة الشمالى ، والى يسارها فى النصف الجنوبى .

وحوالى نفس التاريخ السابق (حوالى عام ١٨٥٨) **تمكن فيريل Ferrel** فى امريكا من صياغة **قانونه المشهور والخاص بانحراف الرياح فى نصفى الكرة** ، على أساس قوة دوران الأرض التى اكتشفها من قبله كوريولى وعرفت باسمه Corioli's Force ومؤدى قانون فيريل «ان الرياح تنحرف الى يمين اتجاهها الاصلى فى نصف الكرة الشمالى ، والى يساره فى النصف الجنوبى» . وذلك بسبب اختلاف سرعة دوران الأرض من دائرة عرض الى أخرى .

ولقد كان انشاء الهيئة الدولية للأرصاد الجوية فى هولندا فى عام ١٨٧٨ من بين الانجازات المهمة فى تطور علم المناخ ، وهى ماتزال باقية باسم «الهيئة العالمية للأرصاد الجوية» وهى احدى الوكالات التابعة لهيئة الأمم المتحدة . ويعتبر كتاب عالم المناخ الألمانى هان Hann اقدم موسوعة مناخية حظيت بشهرة واسعة ، وعنوانه «المرجع فى علم المناخ» Handbuch der Klimatologie وقد أعيد طبعه ونشره عدة مرات . ويقع فى ثلاثة أجزاء ، يعالج الأول منها المناخ العام ، بينما يدرس الجزءان الآخران موضوعات فى المناخ الاقليمى ، وبقى مرجعا للدارسين عشرات السنين . وقد قام كل من بارثولوميو Bartholomew وهيربرتسون Herbertson بنشر خرائط الكتاب بعد تنقيحها فى أطلس عرف باسم «أطلس الميتيورولوجيا» فى عام ١٨٨٩ .

تطور علم المناخ خلال القرن العشرين :

شهد القرن العشرين تطورا هائلا وتقدما عظيما فى علمى المناخ

والميتيورولوجيا وقفنا على بعض مظاهره عند الكلام على مجالات الدراسة فيهما • ويدل على اهتمام الدول بهما ازدياد أعداد محطات الرصد فى أنحاء العالم ، فعلى سبيل المثال كان بالولايات المتحدة ٤٠٠ محطة فى عام ١٨٥٧ ، وصلت الى ٣٠٠٠ محطة سنة ١٨٩١ ، والى ٤٥٠٠ محطة سنة ١٩٣٠ ،والى ١٠٫٠٠٠ محطة سنة ١٩٤٠ ، ويزيد العدد حاليا على ١٥٫٠٠٠ محطة •

ولم يكن بمصر حتى عام ١٩٠٠ سوى مرصدين ، أحدهما فى العباسية وقد أنشىء فى عام ١٨٦٨ ، والثانى فى الاسكندرية • وفى عام ١٩١٥ أنشأت الحكومة ما كان يسمى «ادارة الظــواهر الجـوية» تحت اشراف مصلحة الطبيعيات • وفى عام ١٩٣٤ أنشأت هيئة الطيران فى مصر قسما للأرصاد الجوية لخدمة الطيران الدولى • وكانت مصر فى مقدمة الدول التى اشتركت فى «منظمة الأرصاد الجوية العالمية» (W. M. O.) التى أنشئت عام ١٩٥١ ، ومركزها الرئيسى فى جنيف • **وتشرف مصر على عمليــات الرصد الجوى لاقليم الشرق الأوسط وقارة افريقيا •**

وقد كان للحربين العالميتين الأولى (١٩١٤ ــ ١٩١٨) والثانية (١٩٣٩ ــ ١٩٤٥) فضل كبير فى التقدم السريع الذى أحرزته الأرصاد الجوية ،ومايتصل بها من دراسات الطقس والمناخ ،فقد نشطت الأبحاث الخاصة بظواهر الجو ، والتنبؤ بها ، نشاطا كبيرا ، نظرا للصــلة الوثيقة التى تربطهــا بأعمال الطيران والملاحة البحرية • وتظهر آثار هذا التقدم فى ازدياد اهتمام الدول بانشاء محطات الرصد ، وتزويدها بالأجهزة المتطورة الحديثة •

وقد ساعد على التطور فى مجال دراسة الغلاف الجوى استخدام الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية فى مجال الرصد الجوى • **وقد أطلق أول قمر صناعى لخدمة الأرصاد الجوية عام ١٩٦٠ ، واسمه تايروس Tiros** وكان هذا بمثابة خطــوة كبيرة فى مجــال التعرف على أحوال الجــو وتقلباته وارسالها الى محطات الرصد • وتستطيع اقمار الرصد الجــوى بما تحمله من آلات تصوير ، بعضها يصور نهارا ، وبعضها الآخر يصــور ليلا ، أن تلتقط صورا ملونة واضحة جدا لمساحات تصل الى عدة آلاف من الكيلومترات المربعة ، وتتمكن الأقمار من قياس درجات الحرارة والضغط الجوى وسرعة الرياح واتجاهاتها وكميات الأمطار والاشعاع الشمسى والتبخر ورطوبة الجو خلال كل الغلاف الجوى من أعلى مستوياته وحتى سطح الأرض •

وفى عام ١٩٧٥ أطلق قمر صناعى متيورولوجى جديد يسمى نيومبوس ٦ (Nimbus - 6) يحمل أجهزة أكثر تطورا ودقة لقياس مختلف عناصر وظواهر

الغلاف الجوى . وتتم عمليات التنبؤ الجوى فى كل الدول المتقدمة بواسطة الحاسب الالكترونى مباشرة . وقد مكن استخدام الحاسب الالكترونى من تطبيق العديد من النماذج المناخية المعقدة ، فكثر لذلك استخدام النماذج الرياضية لدراسة الدورة الهوائية العامة .

وقد صحب هذا التقدم التكنولوجى تقدم كبير ايضا فى الجوانب العلمية. وقد ساهم فى هذا المجال عالم الارصاد النرويجى بيركينيس V. Bjerkness الذى قام بدراسة الكتل الهوائية ونماذج الطقس ، وذلك فى فترة الحرب العالمية الأولى فيما بين عامى ١٩١٤ - ١٩١٨ . وقد وفق هذا الباحث فى اكتشاف الجبهات الدافئة Warm Fronts سنة ١٩١٨ ، ثم الجبهات القطبية Polar Fronts فى السنة التالية ، وابراز أهمية هذه الجبهات فى نشأة المنخفضات الجوية وتطورها فى المناطق المعتدلة ، كما تمكن من اكتشاف مرحلة الامتلاء Occlusion فى المنخفضات الجوية .

وقد قام بحاث المناخ بوضع أسس فى صورة معادلات رياضية لتحديد القيمة الفعلية لعناصر الجو كالحرارة والمطر ، نذكر من أعلامهم الالمانى كوبين Koeppen (١٩١٨) والفرنسى دى مارتون De Martonne (١٩٢٥) ، ولكل منهما تصنيف مناخى مشهور به . وقد طور كوبين تصنيفه ضمن موسوعة مناخية أسماها «المرجع فى علم المناخ» Handbuch der Klimatologie وتقع فى خمسة أجزاء نشرت فيما بين عامى ١٩٣٠ - ١٩٤٠ ، وتمتاز هذه الموسوعة بأنها تركز على الأساليب الكمية ، وتعتمد على الجداول الاحصائية والأشكال البيانية . وظهر بين عامى ١٩٣١ - ١٩٣٣ تصنيف جديد لعالم المناخ الأمريكى ثورنثويت Thornthwaite يعتمد على حساب التبخر والنتح فى تقدير فاعلية الأمطار ، وقد تم تطويره ونشره بشكل معدل عام ١٩٤٨ ، وتوالت التقسيمات المناخية المبنية على أسس متباينة على نحو ما سنعرض له فى فصل مستقل خاص بها .

أوضاع البحث المناخى فى الجغرافيا :

كانت الأبحاث الجغرافية فى المناخ تعالج فى معظمها وحتى أواخر الخمسينيات من هذا القرن العشرين موضوعات مناخية بحتة ، يعوزها الربط بالانسان وجوانب نشاطه المختلفة . ومع استخدام الأساليب الكمية والنظم فى الجغرافيا وبناء النماذج الجغرافية ، ظهر عدد طيب من الأبحاث الجغرافية فى المناخ تمثل اتجاهات حديثة فى دراسة المناخ .

وقد ميز تيرجونج W.H. Terjung سنة ١٩٧٦ عدة اتجاهات فى مجال

أبحاث المناخ ، والتى ظهرت فى المجلات الجغرافية التى تصدر فى دول العالم العربى منذ عام ١٩٥٤ نوجزها فى الآتى :

١ ـ الأبحاث الوصفية :

تشكل جانبا كبيرا من الأبحاث المناخية الجغرافية يصل الى نحو ٣٨٪. وتعتمد على جمع البيانات المناخية وتنظيمها وتبويبها وتوزيعها على الخرائط وتمثيلها فى أشكال بيانية . وعن طريق هذه الابحاث يمكن الوصول الى نتائج ومعلومات مفيدة ، لكنها لا تؤدى الى بناء مفاهيم جديدة لأنها عاجزة عن تحليل العلاقة بين المسببات والنتائج .

٢ ـ الأبحاث الكمية :

وتبحث فى ظواهر الجو كدرجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوى والرياح وسرعتها كمتغيرات لها آثار على العمليات التى تحدث فى الجو . وأسلوبها للوصول الى ذلك هو التحليل الاحصائى للارتباط بين تلك المتغيرات فتستخدم تحليل التباين Analysis of Variance والارتباط المتشعب Multiple Correlation ، والانحدار المستوى ، والانحدار غير المستوى ، والتحليل الطبقى .

وقد استخدمت هذه الاساليب الكمية فى أبحاث الموازنة المائية والتوازن الحرارى ومناخ المدن وتلوث الهواء والعلاقة بين المناخ وراحة الانسان والتقسيمات المناخية . وتستخدم فى تلك الابحاث طرق بحث استقرائية واستنتاجية . وتشكل هذه الأبحاث نحو ٣٠٪ من الأبحاث المناخية الجغرافية .

٣ ـ الأبحاث الخاصة بالعمليات المناخية :

وتتناول هذه الأبحاث موضوعات الموازنة الاشعاعية ، وموازنة الطاقة ، والغطاءات الجليدية فى المناطق القطبية ، والعلاقة بين الانسان ونظم تبادل الطاقة ، وموازنة الطاقة فى المدن ، والتبخر والنتح . وتستخدم هذه الأبحاث عدة أساليب وصفية وكمية وطرق بحث استقرائية واستنتاجية وتحليلية ، وتمثل هذه الأبحاث نحو ٢٠٪ من أبحاث الجغرافيا المناخية .

٤ ـ أبحاث تركز على دراسة النظم :

سواء منها النظم الطبيعية أو النظم الطبيعية والبشرية . ونظرا لأن هذا النوع من الأبحاث يحتاج الى استخدام نماذج رياضية معقدة ، فانها

قليلة فى الأبحاث المناخية الجغرافية ، رغم أنها مهمة للانسان ، لأنها تربط بين النظم الطبيعية والمتغيرات الاجتماعية والاقتصادية .

النظم فى المناخ :

صاحب استخدام الأسلوب الكمى فى الجغرافيا التفكير فى ادخال طريقة النظم فى الجغرافيا الطبيعية خاصة فى الجيومورفولوجيا والجغرافيا المناخية . وفكرة النظام System فى الأصل فكرة فى علم الفيزياء لها بعض التطبيقات الفيزيائية والهندسية . وقد قدم استرالر A. Strahler هذه الفكرة للجيومورفولوجيين ضمن ما سعى اليه من استخدام الوسائل الكمية فى الدراسة الجيومورفولوجية . وأكد تلميذه ريتشارد تشورلى R. Chorley على أهمية استخدام النظم فى دراسة الجيومورفولوجيا والمناخ فى كتابه المنشور عام ١٩٧١ .

والنظام هو مجموعة من العناصر التى ترتبط ببعضها بعلاقات متبادلة بحيث تكون كلا متميزا . بعبارة أخرى أن النظام مجموعة من العناصر التى ينظر اليها مجتمعة من خلال دراسة علاقة كل منها بالآخر بوسائل رياضية . وكل نظام يرتبط بغيره من النظم بعلاقات معلومة .

والغلاف الجوى هو نظام ضخم يتكون من آلاف النظم الصغيرة التى تتمثل فى العمليات والاضطرابات الجوية . ويمكن تجميعها وتصنيفها فى مجموعتين همـا :

١ ـ مجموعة النظم المفتوحة Open Systems :

وهى النظم التى لها ايراد أو دخل Input ومنصرف Output أى تسمح بتبادل المادة والطاقة مع النظم الأخرى . وفى النظم المفتوحة تتجدد المادة والطاقة بصفة مستمرة . ومثال لنظم الجو المفتوحة دورة بخار الماء فى الجو ذلك أن تبخر المياه من المسطحات المائية معناه انتقال للمادة وللطاقة كليهما من سطح الأرض الى الغلاف الجوى . وعندما يتكاثف بخار الماء فى الجو ويتحول الى قطرات من المطر ، فان سقوطها يمثل انتقالا للمادة وللطاقة أيضا من الجو الى سطح الأرض . ومن المعروف أن كل جرام من الماء يحتاج لكى يتبخر نحو ٥٧٣ سعرا حراريا ، وهذه تعرف بالحرارة الكامنة للتبخر ، والسعر هو كمية الطاقة اللازمة لرفع حرارة الجرام الواحد من المياه درجة مئوية واحـدة .

٢ ـ مجموعة النظم المغلقة Closed Systems :

وهى النظم التى تسمح بتبادل الطاقة مع النظم الأخرى ، لكنها لاتسمح بدخول أو خروج المادة عبر حدودها • فحدود النظم المغلقة واضحة ولاتخرج المواد عن الحدود كما أنها لاتدخل عبرها • فالغلاف الجوى مع الشمس يشكلان نظاما مغلقا تخل اليه وتخرج منه كميات ضخمة من الطاقة •

النماذج فى المنـــاخ :

النماذج مظهر مهم من مظاهر التطور الحديث فى علم المناخ • وقد ظهر وتقدم هذا التطور الحديث كما رأينا نتيجة لانشاء الكثير من محطات الرصد الجوى فى جهات العالم المختلفة ، وتراكم البيانات والمعلومات المناخية التى أصبحت دقيقة للغاية تبعا لاستخدام أحدث الأساليب والأجهزة فى عمليات الرصد ومنها حديثا استخدام الأقمار الصناعية • وقد حدث تطور كبير أيضا فى مجال أساليب البحث ، فاصبحت تدرس ظواهر الجو بحسبانها نظما جوية مترابطة تمثل مكونات النظام الضخم الذى يضمها جميعا وهو الغلاف الجـوى •

وكما استخـدمت النظم فى دراسة الغـلاف الجوى وظواهره ، فـان استعمال النماذج قد أخذ فى الازدياد ، **لأنه قـد تبين ان خير وسـيلة لفهم النظم هو انشاء نماذج لها** • ويدخل انشاء النماذج ودراستها ضمن الأساليب الكمية التى شاع استخدامها فى النصف الثانى من هذا القرن العشرين • **والنموذج وسيلة لتمثيل الواقع بصورة مبسطة ، أو هو صورة مثالية للتعبير عن بعض الظواهر الحقيقية** • ولكى نمثل واقع الظواهر لابد من المرور بخطوات البحث العلمى من تحديد للمشـكلة ، ثم المـلاحظة فالتجربة ، ووضع الفرضيات ثم البرهان ، فالنموذج خطوة سابقة للنظرية • والنماذج تمثل صياغة سهلة للظواهر ، وتسهل رصـدها وضبطها ، كمـا تعين على سرعة الاستنتاج ، فهى وسيلة تفسيرية تساعد على الوصـول الى النتائج الصحيحة • ولا يعنى النمـوذج بتمثيل خصـائص الظـاهرة وانما يمثل الخصائص الرئيسية التى تحددها وتعاون على تبسيطها •

انواع النمـــاذج :

يمكن اجمال النماذج المستخدمة فى الجغرافيا بعامة والجغرافيا الطبيعية ومنها المناخ بخاصة فى الأنواع الأربعة الآتية : **النماذج الرياضية ، النماذج الطبيعية ، النماذج التجريبية ، النماذج البيانية** •

النماذج الرياضية :

هى نماذج يعبر عنها فى صورة رياضية ، فتصاغ العلاقات بين العناصر بمعادلات رياضية • وتستخدم النماذج الرياضية فى المعالجة الاحصائية أو التى تتعلق بقياس المتغيرات وتحليلها • **وتنقسم هذه النماذج الى نمطين :**

١ ـ نماذج التحليل الرقمى أو النماذج الحتمية :

وتقوم على مبدأ السبب والنتيجة • وتستعمل الأسس النظرية لديناميكية السوائل أو ما يعرف بمعادلة الاستمرار ، فتمثل التغيرات المتبادلة التى تحدث لظواهر المناخ مثل درجة الحرارة والضغط والتنبؤ بالتساقط ، ودراسة المنخفضات الجوية ، والزوابع المدارية ، والتيارات النفاثة • كما تستخدم لتمثيل بعض الظواهر الجوية المحلية والقصيرة المدى مثل الضباب ونسيم البر ونسيم البحر ، ونسيم الجبل ، ونسيم الوادى ، ونسبة غطاء السحب ، ولتمثيل بعض عمليات المناخ مثل تبادل الطاقة بين سطح الأرض والطبقة السفلى من الجو ، وعمليات الحمل •

٢ ـ النماذج الاحصائية أو الاحتمالية :

وهى نماذج تقوم على **مبدأ الاحتمال بدلا من مبدأ الحتم أو اليقين** الذى تبنى عليه النماذج الرياضية • وهى كثيرة الاستعمال فى المناخ وفى الجغرافيا البشرية أيضا ، لأن الظواهر كثيرا ما تخضع للاحتمال ، مثل هذه النماذج لا تعطى نتائج محددة ، بل تقدم عددا من النتائج المحتملة •

ويستخدم **نموذج التوزيع العادى** فى تمثيل الكثير من ظواهر الجو التى لا تختلف فى توزيعها التكرارى عن التوزيع العادى كثيرا ، مثل المعدلات السنوية لدرجات الحرارة والتساقط •

وعندما **يراد معرفة احتمالات حدوث ظاهرة جوية معينة** ، مثل احتمال حدوث الصقيع أو الضباب أو سقوط البرد ، **يستخدم نموذج التوزيع التكرارى ذو الحدين** •

النماذج الطبيعية :

تمثل النماذج الطبيعية Natural Models ظواهر طبيعية يعرفها الباحث تكون مشابهة للظواهر الواقعية • **وتقسم هذه النماذج الى نوعين هما :**

١ ـ نماذج التطاير الطبيعية :

وتمثل الظواهر بنماذج مبسطة ذات طبيعة مختلفة • ويندر استعمالها

فى المناخ ، وان كانت تستعمل كثيرا فى مجالات اخرى مثل جغرافية النقل ، فنموذج شبكة التصريف النهرى تستخدم لدراسة شبكات النقل والمواصلات .

٢ ـ النمــاذج التــاريخية :

يمثل النموذج التاريخى ظاهرة معينة حدثت فى وقت مضى فى مكــان معلوم . وتنبنى هذه النماذج على افتراض أن ما حدث فى الماضى يمكن أن يحدث فى المستقبل . وتستخدم هذه النماذج لدى بحاث المنــاخ فى التنبؤ بأحوال الطقس ، وذلك بالرجوع الى سجلات الرصد الجوى السابق .

النمــاذج التجريبية :

النماذج المعملية عبارة عن انشــاءات فى المعمل يتوفر فيهــا اكبر قدر ممكن من العناصر المكونة للظاهرة موضوع الدراسة . وهى نماذج مقياسية Scale Models أى تخضع ابعاد الظاهرة للتصغير كى يمكن انشاء النموذج الملائم لحجم المعمل .

وقد تعددت النماذج المناخية لتمثيل الغلاف الجوى وظواهره المختلفة . من ذلك تمثيل الدورة العــامة للغلاف الجوى والارض الدوارة عن طريق دراسة المياه فى أحواض دوارة ، وقد حلت مشكلة الاختلاف الكبير فى الحجم بين الأرض والحوض الدوار باستخدام التمثيل النسبى للأرض والغــلاف الجوى ، واستخدمت لذلك نسب مختلفة تمثل المبادىء الاساسية فى حركة الغلاف الجوى ودوران الأرض حول نفسها .

واستخدمت النماذج المعملية فى دراسة ظواهر جوية متعددة ، واثبتت نجاحها ، مثل نموذج الجبهة القطبية ، ونموذج التيار النفاث ، ونموذج تبادل الطاقة بين الغلاف الجوى وسطح الارض ، ونماذج لتوقع سقوط المطر وتكون الضباب والصقيع . كما انشئت نماذج لدراسة بعض العوامل المؤثرة فى المناخ مثل اعتراض سلاسل الجبال لهبوب الرياح .

النمــاذج البيــانية :

تعد النماذج البيانية Graphical Models أبسط النماذج الجغرافية واكثرها شيوعا ، وقد جرى استخدامها منذ زمن طويل . وهى تظهر فى اشكال ورسوم بيانية ، وتغلب عليها الصفة الوصفية .

هذا ويمكن القول بأن استخدام النماذج المناخية قد عاون كثيرا على زيادة المعرفة بآلية كثير من ظواهر الجو النشطة مثل المنخفضات الجوية ،

والزوابع المدارية ، والرياح الموسمية ، والرياح المحلية واليومية ، والحركة الموجبة فى مسارات الرياح العليا ، والتيارات النفاثة • وأهم النماذج التى كانت لها فوائدها الكبرى فى التعرف على طبيعة ظواهر الجو وفهمها ، هى النماذج التى تعتمد على مبــادىء الفيزياء والرياضة والاحصاء فضــلا عن النماذج التجريبية المعملية •

ومن أمثلة النماذج الناجحة فى تمثيل ظواهر المنــاخ التطبيقى نموذج «شارنى» Jule Charney الذى يوضح تاثير معامل انعكاس الأشعة الشمسية Albedo من الصحارى على عملية الزحف الصحراوى • وقد نجح الباحث من خلال دراسته للنموذج أن يتتبع أثر انكماش الغطــاء النباتى فى هوامش الصحراء على زيادة معامل انعكاس الاشعة ، وزيادة التيــارات الهوائية الهابطة التى تزيد جفاف الهواء وتعاون على اتساع مساحة الصحراء •

ومثال لنموذج عــام لتمثيل الدورة العامة للغلاف الجــوى ، النموذج الذى أنشأه شوكلا Shukla وزملاؤه فى المعمل الجيوفيزيائى للســوائل فى برنستون بولاية نيوجيرسى ، وأمكن بواسطته اثبات أن تيار الصومال البارد يخفض حرارة مياه بحر العرب ، ممــا يقلل من رطوبة الريــاح الموسمية ويضعفها نسبيا مما يؤثر على غزارة الأمطار الموسمية على الهند •



الفصل الثانى

الغـــلاف الجـــوى

- تعريفه .
- تركيبـــه : النيتروجين ، الأوكسـجين ، ثانى أكسـيد الكربـــون ، الاوزون ، بخار الماء ، ألغبار والأملاح والدخان .
- الطبقات الرئيسية للغـلاف الجوى : التروبوسفير وخصـائصها ، الاستراتوسفـير ومميزاتها ، الميزوسفير ، الايونـوسفير (الاثير) أو الثرموسفير .
- نشأة الغلاف الجوى .
- وظائف الغلاف الجوى .
- عوامل تلوث الغلاف الجوى : زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ، الزيادة فى نسبة المواد العالقة ، تلوث طبقة الاوزون وأثره على المناخ ، الانقلاب الحرارى وعلاقته بتلوث الجو .



تعريفه وخصائصه الطبيعية :

الغلاف الجوى Atmosphere هو غطاء الهواء السميك الذى يحيط بالكرة الارضية احاطة تامة ، والذى يتألف من مخلوط غازى يبلغ سمكه نحو ٣٥٠ كيلو مترا ، بداية من منسوب سطح البحر . وليس للهواء لون ولا طعم ولا رائحة . ويشعر الانسان به حين يتحرك ، والهواء المتحرك يسمى رياحا . والهواء مرن ، وقابل للتمدد والانكماش أو الانضغاط ، وله وزن وحجم وكتلة . وتقدر كتلة الغلاف الغازى بحوالى ٦ × ١٠^١٤ طنا ، يوجد نصفها محتشدا فى سمك يبلغ نحو ٦ كيلو متر من سطح البحر . والغلاف الجوى شفاف ، ويخترقه الاشعاع الشمسى الذى يصل سطح الأرض ، فيكسبه الخصوبة ويمنحه الحياة .

وتهتم الجغرافيا بدراسة الغلاف الجوى بعامة ،وطبقته السفلى بخاصة ، تلك الطبقة التى تلمس سطح الأرض ، وتؤلف من كتلة الغلاف الغازى نحو تسعة أعشاره (٩٠٪ من كتلته) ، كما وتتركز فى هذه الطبقة التى تسمى تريوسفير Troposphere ، نحو ٩٩٪ من الغازات الثقيلة التى يتركب منها الغلاف الجوى ، وهى الغازات اللازمة للحياة على سطح الأرض ، وأخصها الأوكسجين والنيتروجين . وفيها تتكون المنخفضات الجوية فى الجهات المعتدلة والأعاصير المدارية وتتحرك الكتل الهوائية ، وكلها ذات تأثير مباشر فى حياة الكائنات على سطح الأرض ، اضافة الى تحرك الرياح وحدوث المطر وتكون الثلج والبرق والرعد ، وغير ذلك من ظاهرات الجو .

وينظم الغلاف الجوى نفاذ الاشعاع الشمسى الى سطح الأرض ، كما ينظم فقدان الأرض لحرارتها بالاشعاع الأرضى من خلاله الى أجواز الفضاء ، وتبعا لذلك تبقى درجات الحرارة مناسبة لحياة مخلوقات الله على سطح الأرض . ولولا وجود الغلاف الغازى لانعدمت الحياة على سطح الأرض ، كما هى الحال فوق الكواكب الأخرى من صنف الأرض ، التى تفتقر الى جو مثل جوها ، ومن ثم ترتفع حرارتها الى ما فوق درجة غليان الماء نهارا ، وتهبط الى ما دون درجة التجمد بكثير اثناء الليل . وفضلا عن ذلك فان الغلاف الجوى يحمى الأرض من تساقط كتل الشهب والنيازك التى تجذبها اليها من فضاء المجموعة الشمسية ، وذلك أنها حين تخترقه بسرعة تحترق وتتفتت وتصل الى سطح الأرض فى هيئة رماد غير ضار .

وقد فتح التقدم العلمى العظيم الذى حدث فى العقود الأخيرة آفاقا جديدة لدراسة وكشف خبايا التروبوسفير من جهة ، والتعرف على خصائص ما فوقه من طبقات أخرى يتألف منها الغلاف الجوى من جهة أخرى . وتبين بالدليل القاطع أن اضطرابات الجو التى تحدث فى التروبوسفير تتأثر بالحركة والاضطراب الذى يحدث فى طبقات الجو العليا .

والجو النقى الجاف مخلوط من الغازات وليس مركبا كيميائيا ، ويمكن فصل هذه الغازات عن بعضها . وتتناقص كثافته بالارتفاع بسبب سهولة انضغاطه . فكثافة الهواء عند منسوب البحر ٢ر١ كيلو جرام/م٣ ، وتتناقص الى نحو ٧ر٠ كج/٣ عند ارتفاع ٥٠٠٠ متر،وهو أعلى مستوى يمكن للانسان المعيشة عنده .

وهناك عدة قوانين تحكم العلاقات الرئيسية بين المتغيرات الاربعة فى الغلاف الجوى وهى : ١ - درجة الحرارة . ٢ - الضغط الجوى . ٣ - الكثافة . ٤ - الحجم . يمكن اجمالها فيما يلى :

اولا : قانونان لبويل R. Boyle :

الاول : يوضح الصلة بين الضغط والحجم مع ثبات درجة الحرارة ومؤداه : اذا زاد ضغط الهواء قل حجمه ، والعكس صحيح ، فاذا تناقص ضغطه ازداد حجمه .

والثانى : يوضح العلاقة بين الحجم والكثافة مع ثبات درجة الحرارة أيضا . ومؤداه : كلما ازداد الحجم قلت الكثافة والعكس صحيح .

ثانيا : قانونا تشارلز J. Charles :

الأول : يبين الصلة بين حجم الهواء ودرجة حرارته مع ثبات الضغط الجوى ومؤداه : كلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد حجم الهواء والعكس صحيح .

والثانى : يربط بين ضغط الهواء ودرجة حرارته مع ثبات حجم الهواء ومؤداه : كلما ازداد ضغط الهواء ازدادت درجة حرارته . والعكس صحيح.

ثالثا : قانون الغازات Gas Law :

وهو يوضح الصلة بين درجة حرارة الجو وحجمه وضغطه فى معادلة واحدة هى : ض × ح = ر × ت

ض : الضغط ، ح : الحجم ، ت : الحرارة ، ر : ثابت يختلف من غاز لغاز آخر من المكون الغازى لمخلوط الجو .

تركيب الغلاف الجوى

الغازات التى يتالف منها الغلاف الغازى :

يتالف الغلاف الجوى من أربعة غازات رئيسية هى بحسب اهميتها النسبية فيه كما يلى : النيتروجين ، الأوكسجين ، الأرجون ، ثانى أكسيد الكربون ، وتكون مجتمعة نحو ٩٩ر٩٨٪ من حجم الغلاف الجوى . ويؤلف النيتروجين وحده نحو ٨٧٪ من حجم الهواء ، والاكسجين حوالى ٢١٪ . وتدخل الغازات الأربعة الآنفة الذكر فى تكوين الغلاف الجوى بنسب ثابتة ، ومن الغازات الأخرى التى تشبهها فى ثبات نسبها بالجو النيون Neon (٠١٨ر٠٪) والهيليوم (٠٠٠٥ر٠٪) والأوزون (٠٠٠٠٦ر٠٪) .

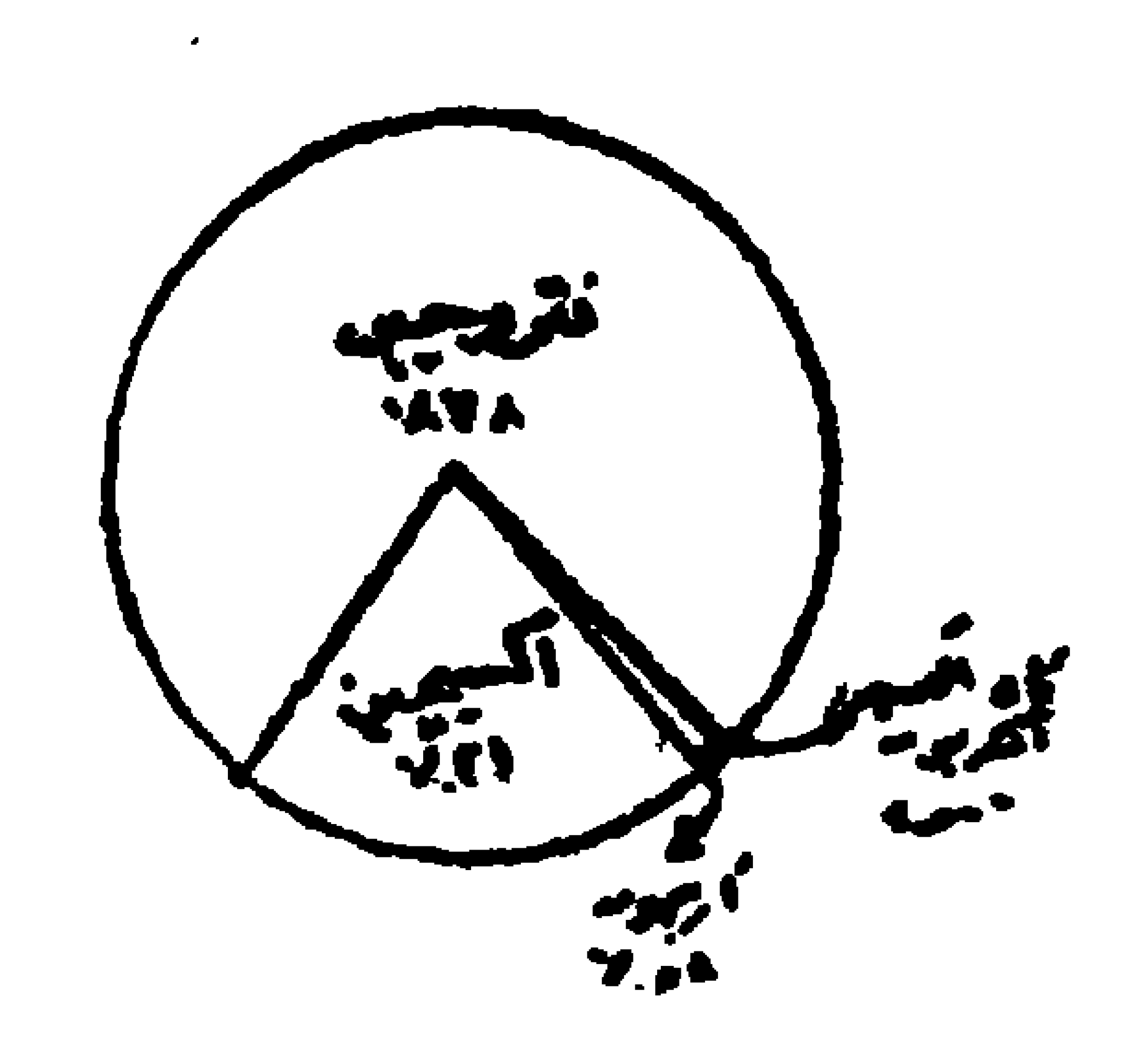
ويبين الجدول الآتى أهم الغازات التى يتالف منها الغلاف الجوى ، ونسبها المئوية بحسب الحجم Volume ، والوزن أو الثقل Weight ، والوزن الذرى .

الغاز	النسبة المئوية بحسب الحجم	النسبة المئوية بحسب الوزن	الوزن الذرى
النيتروجين	٧٨ر٨٠	٧٥ر٥٢٧	٢٨ر٠٢
الأوكسجين	٢٠ر٩٤	٢٣ر١٤٣	٣٢ر٠٠
الأرجون	٠ر٩٣	١ر٢٨٢	٣٩ر٨٨
ثانى أكسيد الكربون	٠ر٠٣	٠ر٠٤٥	٤٤ر٠٠
النيون	٠ر٠١٨		٢٠ر١٨
الهيليوم	٠ر٠٠٠٥		٠ر٤٠
الأوزون	٠ر٠٠٠٠٦		٤٨ر٠٠
الهيدروجين	٠ر٠٠٠٠٥		٢ر٠٣
كريبتون	قليل جدا		
ميثان	قليل للغاية		

وفيما يلى وصف لأهم غازات الغلاف الجوى :

النيتروجين :

هو أكثر الغازات انتشارا فى الغلاف الجوى ، غير أنه غاز خامل ، فلا



شــكل رقم (١) العناصر التى يتكون منها الهواء

يتحد مع غيره من الغازات بسرعة · وهو يدخل فى تكوين كثير من المركبات العضوية ، وهو يستطيع اذابة الاوكســجين ، وتبعا لذلك ينظم عمليــات الاحتراق والأكســدة · واليه يرجع الفضــل الكبير فى ضغط الهــواء وقوة التيارات الهوائية وانكسار الاشعاع الشمسى عند اختراقه للغــلاف الجوى ، ويساعد على تحطيم الشهب والنيازك قبل وصولها الى سطح الارض ·

الأوكســـجين :

غاز واسع الشــيوع فى الغلاف الجوى ، وهــو على عكس النيتروجين غاز نشيط ، يتفاعل ويتحد بسرعة مع كثير من العناصر الكيميائية ، وهو لازم لحدوث عمليات الاحتراق ، وتتوقف على وجوده الحياة على سطح الأرض ·

ثانى أكسيد الكربون :

وينشأ عن الاحتراق والزفير من الانسان والحيوان ،وينبثق من البراكين ، وتمتصه النباتات لتأخذ منه الكربــون وتطلق الأوكسجين الى الجــو فيما يسمى بعملية التمثيل الكلوروفيللى · وتختلف نسبته لذلك من مكان لآخر ، فهى قليلة فى الريف وحيث يكثر النبات ، بينما ترتفع فى جو المدن ، نظرا لازدحامها بالســكان ووجود المصــانع والمعامل التى تنفث هــذا الغاز · ويساعد وجود هذا الغاز فى الجو على حفظ الأشعة الحرارية التى يشعها سطح الأرض بعد أن يمتصها من الاشعاع الشمسى ، وبــالتالى تبقى طبقة التروبوسفير محتفظة بحرارة مناسبة · وهناك من يرى أن النقص الكبير فى نسبة ثانى أكسيد الكربون يؤدى الى تبريد الجو العالمى ، ويتسبب فى احداث عصر جليدى ، كما حدث وتكرر عدة مرات أثناء الزمن الرابع ·

وعلى الرغم من أن غاز ثانى أكسيد الكربون يحسب من بين الغازات التى توجد فى تركيب الغلاف الجوى بنسب ثابتة ، فانه قد لوحظ تغير نسبته ، وجنوحها الى الارتفاع ، فقد ازدادت بما يقرب من ١٠٪ منذ بداية الثورة الصناعية فى أوروبا ، وتوليد الطاقة اللازمة عن طريق حرق مختلف أنواع الفحوم ، منذ أواخر القرن التاسع عشر وحتى وقتنا الحاضر .

ومن بين الغازات الضارة التى أدخلها الانسان بنشاطه فى بيئته ، ولوث بها طبقة الجو القريبة منه والمؤثرة فى حياته ، غاز أول أكسيد الكربون ، وهو غاز سام ، اضافة الى بعض المواد الكربوهيدراتية التى تنتج من احتراق وقود السيارات احتراقا غير كامل . وقد امتد تلويث الانسان الى الطبقات العليا من الجو ، ومنها طبقة الأوزون ، التى تحتفظ الآن بكميات كبيرة من الغازات التى تنفثها محركات الطائرات النفاثة التى تطير خلالها ، كما استقرت فى تلك الطبقات الاشعاعات الذرية الناشئة عن التفجيرات النووية التى أجراها الانسان منذ تفجير قنبلة هيروشيما فى عام ١٩٤٥ وحتى وقتنا الحـــالى .

الأوزون :

لا يوجد هذا الغاز الا بنسب قليلة للغاية فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى (التروبوسفير) لا تزيد على جزء فى المليون ، لكنه يوجد بكثرة على ارتفاع يتراوح بين ١٥ ــ ٥٥كم ، فيما يسمى بطبقة الاوزونوسفير ، وينتج هنا من انشطار ذرات الأوكسجين بفعل الاشعاع الشمسى فوق البنفسجى ، واتحاد بعض ذرات الأوكسجين مع ذرات أخرى . وتبلــغ نسبة تركز هذا الغاز اقصى حد لها على ارتفاع ٣٥ كم . وللاوزونوسفير فائدة كبرى للحياة على سطح الأرض ، ذلك أن غاز الاوزون يتميز بالقدرة على امتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية التى تصله ، خاصة منها ما يقل طول موجاته عن ٢٩ر٠ ميكرون ، وهى تمثل نحو ٥٪ من الاشعاع الشمسى ، فلا ينفذ من هذه الطبقة ويصل الى الأرض سوى جزء ضئيل . وبالتالى تضعف آثارها السيئة ، مثل ضربات الشمس ، على الانسان والحيوان ، بل ان هذا الجزء قد يفيد فى ابادة بعض الجراثيم . ويســاعد امتصاص غــاز الأوزون لهذه الأشعة على رفع درجة حرارة الأوزونوسفير .

بخـــار المـــاء :

هو من بين الغازات التى تدخل فى تركيب الغلاف الجوى بنسب متغيرة وغير ثابتة ، فهى قد تقترب من الصفر فى المناطق الصحراوية الجافة ، وقد

ترتفع الى نحو ٤٪ من جملة وزن الهـواء فى المناطق الكثـيرة الرطوبة . وينحصر وجود بخار الماء فى الطبقة السفلى من الغلاف الجـوى ، ويكاد ينعدم فوق ارتفاع ١٠ كم · ورغم صغر كمية بخار المـاء فى الجو ، فانها سبب نشأة معظم الظواهر الجوية ، فهى مصدر تكون السحب وسقوط المطر ، وتكون البرد والثلج والندى · ويشترك بخار الماء مع ثانى أكسيد الكربون والغبار فى خاصية امتصاص الاشعاع الشمسى وحفظه من التشتت فى الفضاء ، وبالتالى يوفر للحياة على سطح الأرض درجات حرارية مناسبة ·

الغبار والأملاح والدخان :

ويعلق فى جو طبقة التروبوسفير مركبات تدخل فى تكوينه بنسب متغيرة ، هى تلك الشوائب من الغبار والرمال والأتربة والدخان والأملاح · وتختلف نسبتها من مكان لآخر ، فتبلغ نسبتها فى جو الريف النظيف ١٠٠ جزء فى كل سنتيمتر مكعب ، بينما ترتفع الى عدة ملايين جزء فى كل سنتيمتر مكعب من هواء المدن ، خاصة منها المدن الصناعية والمزدحمة بالسكان ·

وللغبار فى الجو المحيط بالأرض مصادر عدة ، **أهمها المصادر الأرضية**، لهذا كان من الطبيعى ان يتركز فى الطبقة السـفلى من الغلاف الجـوى ، وبعض هذه المصادر **ارضى غير عضوى** ، كالفتات الصخرى الذى تثيره وتذريه الرياح ، **والغبـار البركانى** الذى تنفثه البراكين حين ثورانها ، **ودخـان الكربون** المتصاعد من مداخن المصانع والذى يعرف **بالغبار الصناعى** ، ثم جزيئات الاملاح التى تتطاير بالرش حين تصـطدم الامواج بالشواطىء ، ويسمى **الغبار الملحى** ، ثم هناك **الغبار الكونى** ، ومصدره الشهب والنيازك التى تحترق عند دخولها الغـلاف الجوى منجذبة نحـو سطح الأرض ، فتتفتت وتتحول الى رماد ينتشر فى الجو · ويقدر وزن الغبار الكونى الذى يدخل الغلاف الجوى نحو خمسـة مليارات كيلو جرام كل عـام · وهناك **الغبار العضوى** كالمواد الحيوانية والنباتية المفتتة والجراثيم وحبوب اللقاح النبـاتى ·

وتبدو ذرات التراب عالقة فى الجو ، وهى لا ترى بسبب دقتها ، **ويعمل الغبار على امتصاص جانب من الاشعاع الشمسى ، حتى ليقال ان كثرته عامل مساعد على انخفاض درجات الحرارة العالمية** ، وحدوث تبريد يؤدى الى أن يتحول التساقط الى ثلج ، فيدخل العالم فى فترة جليدية · ولقد يتم ذلك عقب عصر يسوده النشاط البركانى ، فيشيع الغبار البركانى ويملأ الجو ·

وتعمل ذرات الغبار التى توجد فى الطبقة السفلى من الغـلاف الجوى

على انعكاس الاشعاع الشمسى ، وانتشار الاشعة وتكوين الشـفق ، والى انتشار الاشعة البنفسجية والزرقاء بسبب الغبار وبخار الماء ، ويعزى ظهور السماء بلونها الأزرق القاتم أو الفاتح تبعا لطول أو قصر الأشعة الشمسية ، ولولا ذلك لظهرت السماء حالكة السواد ، لا يرى فيها سوى قرص الشمس اللامع المبهر ، مثلما نرى النجوم حين تتلألأ فى سواد سماء الليالى المظلمة. ويتعاون الغبار مع بخار الماء فى ضغط الاشعاع الأرضى فى طبقة التروبوسفير. علاوة على أهميته فى حدوث التكاثف بمظاهره المختلفة .

ويضاف الى المواد العالقة التى تدخل فى تركيب الغلاف الجوى عوالق من نوع جديد ، بدأت ترد اليه منذ التفجير الذرى على مـدينة هيروشيما اليابانية عام ١٩٤٥ ، **ونعنى به الغبـار الـذرى** الذى يتساقط فى مناطق التفجير ، أو فى مناطق أخرى حيث تسوقه الرياح ، ويتساقط مع المطر ، ويترتب على ذلك ترسب العناصر المشعة التى من أهمها السيسيوم Cesium والأسترونتيوم Strontium ، التى تسـتقر فى عظام الانسان والحيـوان وتصيبها بأمراض الدم والسرطان وأمراض الجهاز العصبى التى يستعصى شفاؤهـــا .

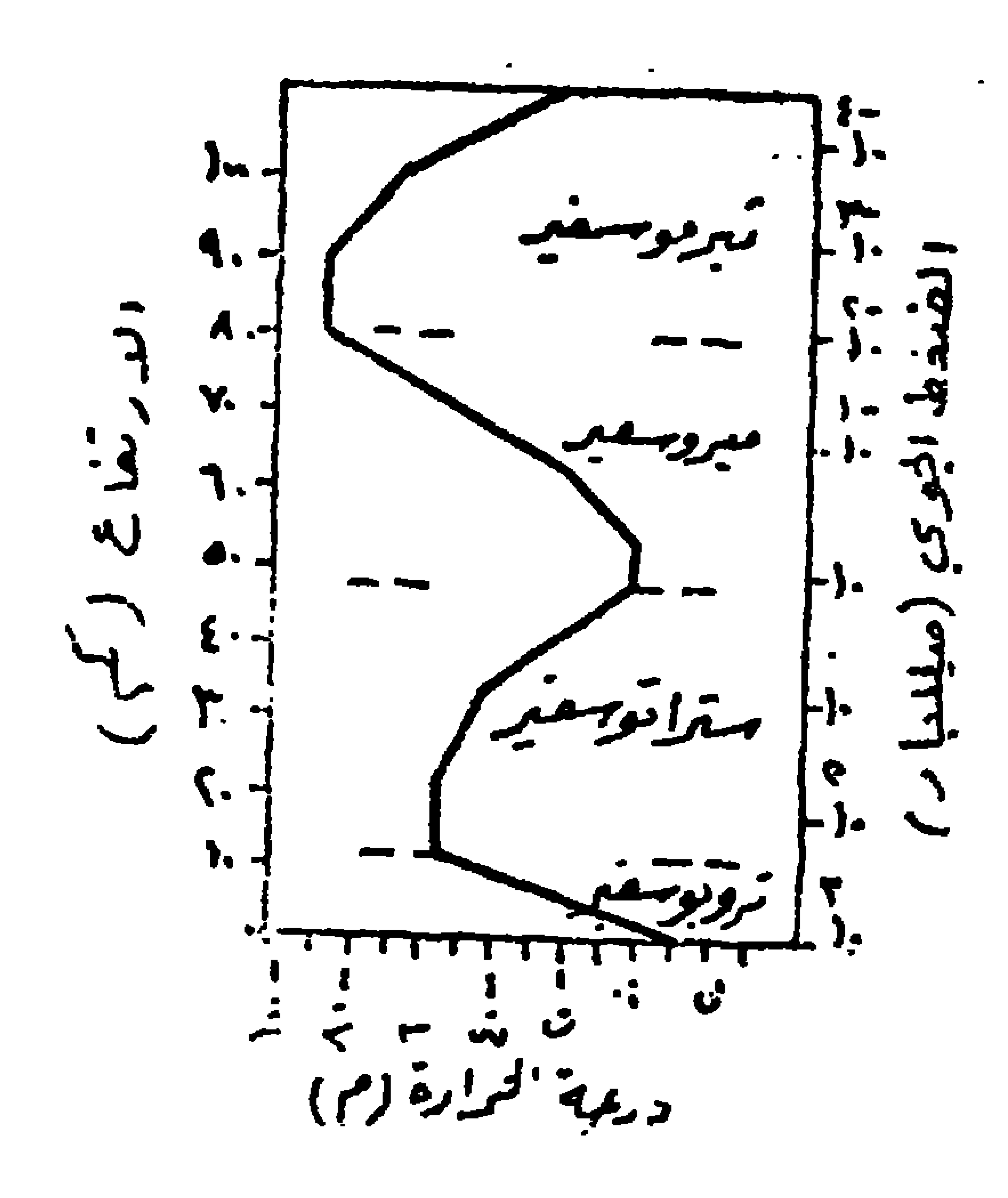
ولاشك أن لزيادة العوالق والشوائب من الغبار بانواعه المختلفة آثارا بعيدة المدى على ظواهر المناخ كما اسلفنا ، لان كثرتها تؤدى الى تناقص كمية الاشعاع الشمسى الواصل الى الأرض بسبب امتصاصها لقسم منه وعكسها لقسم آخر ، فيزداد تبريد الجو العالمى . أضف الى ذلك ان كثرة العوالق تساعد على تكاثف بخار الماء لأنها تشكل نويات يتكاثف حولها بخار الماء ، وبذلك يزداد تكون السحب وتتهيأ الفرص لزيادة التساقط على ثلج . **ولعل ذلك يشير الى أن العالم مقبل على دور جليدى خامس .**

الطبقات الرئيسية للغلاف الجوى :

تتباين خصائص الغلاف الجوى أفقيا من مكان لآخر ، كما تتنوع رأسيا بالارتفاع عن مستوى سطح البحر . ولقد يصعب تحديد المـدى الرأسى أو سمك الغلاف الجوى على وجه الدقة ، وذلك لعدم وجود حدود حادة فاصلة بينه والفضاء الخارجى . **لكن قد اصطلح العلمـاء على تقسيمه الى أربع طبقات رئيسية على أساس التباين الراسى فى الكثافة ودرجة الحرارة والضغط الجـــوى .**

طبقة التروبـوسفير :

طبقة التروبوسفير Troposphere تمثل المستوى السفلى من الغلاف الجوى



شــكل رقم (٢) طبقات الغلاف الجوى الرئيسية

الذى يعلو سطح الأرض مباشرة ٠ ويبلغ سمكها حوالى ١٢ كم ، لكن هذا السمك يختلف فى النطاق الحار عنه فى المنــاطق القطبية ٠ ففى المنــاطق المدارية يبلغ نحو ١٧ كم ، وذلك بسبب تيارات الحمل الصاعدة نتيجة لتمدد الهواء بواسطة الحــرارة ، بينما يقل السمك فى المنــاطق القطبية بسبب الهواء البارد الثقيل الهابط ٠ وطبقة التروبوسفير هى أكثر طبقــات الجو نشاطا ، ففيها تتكون السحب والعواصف والتساقط بأنواعه ، لذلك فهى أهم طبقات الغلاف الجوى بالنسبة لحياة الكائنات على سطح الارض ٠

خصـــــــائصها :

من حيث الكثــافة :

تتميز هذه الطبقة بانها أكثر طبقات الغلاف الجوى كثافة ، وذلك لأن الهواء قابل للانضغاط ، لهذا فان كثافة الطبقة السفلى من الغلاف الجوى الملامسة لسطح الأرض لابد وان تكون أكبر من كثافات الطبقات التى تعلوها ، لأنها بطبيعة الحال واقعة تحت ثقلها وضغطها ٠ وتتناقص كثافة الهواء فى طبقة التروبوسفير بمعــدلات أسرع من تناقصها فى الطبقــات الأعلى التى يتميز هواؤها بالتخلخل وانخفاض الكثافة ٠

وتبلغ كثافة الغلاف الجوى عند مستوى سطح البحر ١ر٢٣ كيلو جرام

فى المتر المكعب ، وعند ارتفـاع ٣ كم تبلغ الكثـافة ٩٩ر٠ كلج/م٣ ، وعند ارتفاع ٥كم تبلغ ٧٤ر٠ كلج/م٣ ، وعند ارتفـاع ٧ كم تبلغ ٥٩ر٠ كلج/م٣ وعند ارتفاع ٩ كم تبلغ ٤٧ر٠ ، وعند ارتفاع ١١ كم تبلغ ٣٦ر٠ ، وعند ارتفاع ١٣ كم تبلغ ٢٧ر٠ ، وعند ارتفاع ١٥ كم تبلغ ٢٠ر٠ ، وعند ارتفاع ١٧ كم تبلغ كثافة الغلاف الجوى ١٤ر٠ كلج/م٣ .

وقد تبين أن أكثر من ٥٠٪ من كتلة الغلاف الجوى توجد فى سمك مقداره نحو خمسة كيلو مترات من سطح الأرض ، كما وتبلغ كتلة الغلاف الجوى الموجودة بين سطـح الأرض وارتفاع ١٢ كم نحـو ٨٤٪ من كتلته الكلية . وينتشر القسم المتبقى من الغلاف الجوى ومقداره نحو ١٩٪ فوق مستوى ١٢ كم وحتى ارتفاع ٩٠٠ كم ، وعند هذا المستوى ينعدم الغلاف الجوى تمامـا .

هذا وتوجد الغازات الثقيلة فى المستويات السفلى من الغلاف الجوى ، بينما توجد الغازات الخفيفة فى المستويات العليا . ولكن نظرا لما يحدث فى الغلاف الجوى من حركة واضطراب يتمثل فى تيارات هوائية أفقية ، وأخرى رأسية صاعدة وهابطة ، فان المزج والخلط يتم بين مختلف الغازات ، فلا تظهر فروق كبيرة ، خاصة فى سمك الغـلاف الجوى المحصور بـين سطح الأرض وأرتفاع ٥٠ كم .

من حيث الضغـط :

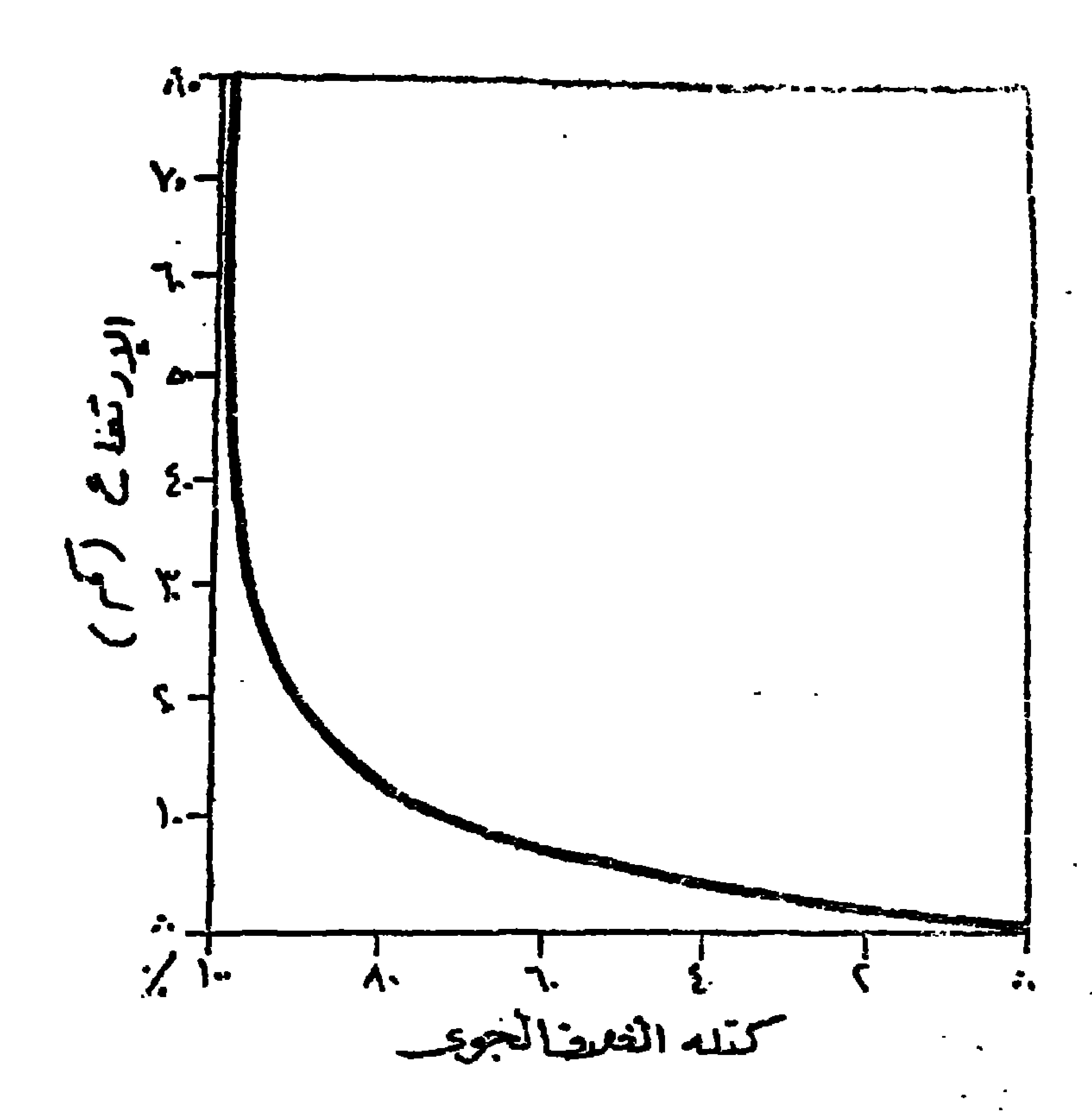
يعرف الضغط الجوى بأنه وزن عمود الهواء الواقع على وحدة مساحية معلومة على سطح الأرض .

ويتناقص الضغط الجوى بالارتفاع عن سطح البحر لسببين :

١ ـ تناقص طول عمود الهواء بالارتفاع .

٢ ـ يتركز معظم الغازات الثقلية والمواد العالقة فى الطبقات السفلى ، وتقل بالارتفاع حتى تنعـدم .

ويقل معدل انخفاض الضغط الجوى بالارتفاع ، فهو يبدأ فى التناقص سريعا فى الطبقات السفلى ، ثم يتباطأ بالارتفاع لتناقص كثافة الهواء لخفة الغازات وتخلخلها . ويبلغ الضغط الجـوى القياسى فى الجهـات المعتدلة ١٠١٣ ميلليبار عند مستوى سطح البحر ، و٧٠١ ميلليبارا عند ارتفاع ٣كم، ١٤ ميلليبار عند ارتفاع ٥ كم . و ٤١١ عند ارتفاع ٧ كم ، و ٣٠٨ عنـد



شكل رقم (٣) تناقص كتلة الغلاف الجوى بالارتفاع

ارتفاع ٩ كم ، ٢٢٧ عند ارتفاع ١١ كم ، ١٦٦ عند ارتفاع ١٣ كم ، و ١٢١ عند ارتفاع ١٥ كم ، و٨٩ ميللليبارا عند ارتفاع ١٧ كم .

من حيث الحرارة :

تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع فى طبقة التروبوسفير ، وذلك أمر طبيعى ، لأن الهواء لا يسخن من الاشعة الشمسية مباشرة ، وانما من ملامسته لسطح الأرض . فسطح الأرض هو المصدر المباشر لتسخين الغلاف الجوى . ذلك أن غازى الأوكسجين والنيتروجين اللذين يكونان أكثر من ٩٩٪ من الغلاف الغازى ، يسمحان لأشعة الشمس بالمرور خلالهما دون عائق ، فتصل الى سطح الأرض الذى يمتصها فيسخن ، ويصبح مصدر اشعاع حرارى يسمى «الاشعاع الارضى» ، وموجات الاشعاع الارضى طويلة ، ومن ثم يتمكن الهواء من امتصاصها فيسخن . ومادام سطح الأرض هو مصدر الحرارة لتسخين الجو ، فانه من الطبيعى أن تنخفض الحرارة بالتدريج بارتفاع عن سطح الأرض .

ولقد تحـدث حالات شـاذة فيها تزداد الحرارة بالارتفـاع ، وتعرف بحالات الانقلاب الحرارى Temperature Iuversion ، وذلك حينما تتهيا ظروف جوية معلومة ، مثلما يحدث فى بعض الليـالى التى تتميز بصفاء السماء ، وانخفاض الرطـوبة ، وهدوء الرياح ، أو عنـدما تزحف كتلة هوائية دافئة فوق سطح أرضى بارد . ولكن القاعدة هى أن درجات الحرارة تتناقص بالارتفاع عن سطح البحر .

لكن هذا الاضطراد فى تناقص الحرارة بالارتفاع لا يحدث الا فى طبقة التروبوسفير ، وهى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى سبق وذكرنا أنها أهم طبقات الغلاف الجوى ، ففيها تحدث كل الاضطرابات الجوية ، وهى أكثر طبقات الجو صلة وارتباطا بجميع مظاهر حياة الكائنات الحية على وجة الارض .

وقد أوضحت الدراسات والبيانات المتيورولوجية التى أمكن جمعها عن خصائص طبقات الجـو العليا ، عن طريق الأقمار الصنـاعية والبالونات وأجهزة الراديو سونـد ، أن تناقص الحرارة بالارتفاع خـلال طبقات الجو العليا غير مضطرد ، اذ يحدث العكس فى طبقة الاستراتوسفير Stratosphere أى تزداد الحرارة بالارتفاع خـلالها بين ارتفاعى ١٠ ــ ٥٠كم ، ثم تعود فتأخذ فى الانخفاض التدريجى فى طبقة الميزوسفير Mesosphere بين ارتفاع ٥٠ ــ ٨٠ كم ، وتعـود الحرارة للزيـادة التـدريجية مرة أخرى فى طبقة الثيرموسفير Thermosphere أعلى من ارتفاع ٨٠ كم .

هذا وتبلغ درجة الحرارة القياسية Standard فى المنطقة المعتدلة عند منسوب البحر ١٥م ، وعنـد ارتفاع ١ كم نحـو ٥ر٨°م ، وتبلـغ درجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية عند ارتفـاع ٢ كم ، ــ ٥ر٤°م على ارتفاع ٣ كم ، ــ٥ر١٧°م على ارتفاع ٥ كم ، ــ٥ر٣٠°م على ارتفاع ٧كم و ــ٤ر٤٣°م على ارتفاع ٩ كم ، ــ ٤ر٥٦°م على ارتفـاع ١١ كم ، ــ٥ر٥٦°م على ارتفـاع ١٣ كم ، ــ٥ر٥٦°م على ارتفاع ١٥ كم ، ــ٥ر٥٦°م على ارتفاع ١٧ كم . ومن الواضح ثبات درجات الحرارة عند درجة ــ٥ر٥٦°م ابتداء من ارتفاع ١٢ كم ، أى بانتهاء طبقة التروبوسفير والدخول فيما يعرف **بالتروبوبوزى** Tropopause .

وتعد طبقة التروبوبوزى طبقة انتقالية بين طبقتى التروبوسفير أسفلها، وطبقة الاستراتوسفير أعلاها ، وهى طبقة قليلة السـمك نسبيا ، ويتراوح ارتفاعها فوق المنطقة القطبية بين ٩ ــ ١٢ كم،وتنخفض فيها درجة الحرارة

لتصل الى حوالى ٥٠°م تحت الصفر المئوى . بينما يتراوح ارتفاع الطبقة عند النطاق الاستوائى ١٦ ـ ١٧ كم ، وتهبط حرارتها الى ٧٠°م تحت الصفر المئوى . وتمثل طبقة التروبوبوزى الحد الأعلى الذى يمكن أن تصل اليه حركة الجو واضطراباته الأرضية النشأة .

وقد ثبت من مختلف الدراسات **وجود صلة وثيقة بين هذه الطبقة الانتقالية وبين ظواهر الجو واضطراباته فى التربوسفير وقرب سطح الأرض.** ولهذا أصبح يرسم لها خرائط طقس يومية مفصلة ، تظهر ما يحدث بها من تفاوت حرارى ، وتبين مقدار ارتفاعها ، وما بها من تموجات وثنيات . ومن تلك الظواهر يمكن التنبؤ بأحوال الجو على سطح الأرض . فاذا ما انخفض مستوى طبقة التروبوزى ، ونشأ مرتفع جوى (ضد اعصار) فوق المحيط الأطلسى ، ومنخفض جوى (اعصار) فوق شمال شرق أوربا ، اجتاحت أوربا موجات برد شديدة . وحينما يظهر التروبوبوزى على هيئة حوض أو قاع Trough على خرائط الطقس ، فان ذلك ينذر بقدوم أعاصير التيفون Typhone المدارية المدمرة . كما ويدل ارتفاع منسوب التروبوبوزى وانخفاض درجات حرارته على اقتراب كتل هوائية مدارية دافئة من جزر اليابان .

طبقة الاستراتوسفير :

توجد طبقة الاستراتوسفير Stratosphere فوق طبقة التروبوبوزى . ويبلغ ارتفاعها ٥٠ كم من سطح البحر ، وسمكها بالتالى بين ١٢ ـ ٥٠ كم تقريبا . وتتميز بأن هواءها مخلخل ، وكثافته منخفضة ، وضغطه قليل . **وفى هذه الطبقة تزداد درجة الحرارة بالارتفاع لدرجة أن حرارة الهواء على ارتفاع ٥٠ كم ، وهو حدها الأعلى ، تساوى معدل درجة حرارة الجو على** سطح الأرض . ويرجع السبب فى تميز هذه الطبقة بهذه الصفة أن غاز الاوزون الذى يوجد بها فى طبقة تتمركز بين ارتفاعى ٣٠ ـ ٣٥ كم يمتص أشعة الشمس فوق البنفسجية .

وكان يعتقد حتى وقت قريب أن حركة الهواء فى طبقة الاستراتوسفير قليلة ، وكان جوها يشبه بالهواء الشتوى الراكد فى المناطق القطبية ، لكن المعلومات الحديثة التى أمكن الحصول عليها بوسائل الرصد المتطورة ، قد أثبتت بما لا يدع مجالا للشك فى وجود رياح مختلفة الاتجاهات . وتتميز هذه الطبقة بخلوها من بخار الماء ، وان كان مستواها السفلى يحوى قليلا منـــه .

ويفصل طبقة الاستراتوسفير عن الطبقة الجوية التى تعلوها والتى

تعرف بطبقة الميزوسفير Mesosphere ، طبقة انتقالية تسمى استراتوبوزى Stratopause . وهى تعلو مستوى ٥٠ كم ، وتتميز بخصائص انتقالية بين الطبقتين الرئيسيتين فى أسفلها وفى أعلاها .

طبقة الميزوسفير :

تعلو طبقة الاستراتوبوزى ، وتمتد طبقة الميزوسفير بين منسوبى ٥٠ ـ ٨٠ كم من سطح البحر . وترتفع فى أسفلها درجة الحرارة قليلا ثم لا تلبث أن تنخفض تدريجيا بالارتفاع . **ويتمثل مصدر حرارة الميزوسفير فى طبقة الاوزون الموجودة أسفلها بين ارتفاعى ٣٥ ـ ٥٠ كم** . ولهذا فانه بالتوغل فى طبقة الميزوسفير الى أعلى ومن ثم الابتعاد عن طبقة الأوزون يؤدى الى تناقص درجة الحرارة .

ويعلو هذه الطبقة مباشرة **طبقة انتقالية تعرف باسم ميزوبوزى Mesopause** . وتؤثر أشعة الشمس فوق البنفسجية فى الهواء الخفيف الموجود فيها ، وتؤدى الى شحنه كهربائيا . **والى هذه الطبقة يرجع الفضل فى حرق الشهب والنيازك التى تندفع الى الأرض فتصل الى سطحها رمادا** . ولعل احتراق الشهب والنيازك هنا هو السبب فى رفع درجة حرارتها وحرارة القسم الأسفل من طبقة الميزوسفير .

طبقة الأيونوسفير «الثرموسفير» :

طبقة الأيونوسفير Ionosphere أو طبقة الأثير ، هى طبقة جوية متأينة . وتوجد ابتداء من ارتفاع ٨٠ كم تقريبا فوق سطح البحر . وهواؤها مكون من غازات خفيفة جدا كالنيون والهليوم ، ولذلك فهو مخلخل جدا ومتاين ، اى أن ذراته قد تحللت الى مزكباتها الكهربائية (بروتونات ونيوترونات واليكترونات) . وتزداد درجة تركيز الالكترونات فى مستويات معلومة داخل هذه الطبقة ، فتعمل على انعكاس الموجات اللاسلكية الكهرومغناطيسية فترتد نحو الأرض .

وتعرف هذه الطبقة احيانا باسم طبقة الثروموسفير Thermosphere لأن درجة الحرارة تزداد فيها بالارتفاع ـ والسبب فى ذلك يرجع الى أن تاين الهواء يعمل على رفع درجة حرارته . ولما كان تأين الهواء يزداد بالارتفاع فى تلك الطبقة ، فان درجة الحرارة تزداد فيها بالارتفاع أيضا ، ويساعد على ارتفاع الحرارة عامل آخر هو قدرة هذا الهواء على امتصاص قدر من الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجات . ويؤدى ارتفاع الحرارة

فى هذه الطبقة الى صهر واحتراق بعض الشهب والنيازك التى تدخل جو الأرض ، وهذا بدوره يؤدى الى رفع حرارة تلك الطبقة .

ومن الظواهر الجوية التى تحدث فى هــذه الطبقة العليا من الغــلاف الجوى **ظاهرة الشفق** ، **وظاهرة الاورورا Aurora** (كلمة لاتينية معناها الفجر) التى يطلق عليها أسماء عدة منها : **الفجر القطبى أو الوهج القطبى أو أنوار الشمال Aurora Borialis والفجر القطبى الجنوبى أو الاسترالى Aurora Australis** . وتشاهد هــذه الظاهرة حسبما يبدو من الاســم فى المناطق القطبية والقريبة من القطبين .وتظهر للمشاهد بهيئة ستائر أو خيوط متلاصقة منيرة تتدلى فى اتجاه سطح الأرض من ارتفاعات تعلو ١٠٠ كم .

ويعزى سبب نشأة هذه الأضواء الى انطلاق كميات كبيرة من الكهارب أو الالكترونات من جسم الشمس ، خاصة أثناء فترات زيادة نشاط البقع الشمسية (التى هى بمثابة عواصف كهربائية عنيفة فى جسم الشمس تبدو أكثر بريقا من بقية أجزائها) ، وتصطدم تلك الالكترونات فى طريقها نحو الارض مع جزيئات هواء طبقة الأيونوسفير ، فيسفر هذا الاصــطدام عن حدوث هذه الأضواء التى تعرف **بالوهج القطبى** . وقد يحدث أن تحترق بعض غازات طبقة الأيونوسفير احتراقا ذاتيا فتؤدى الى تكوين ما يسمى **بالوهج الجوى Air Glow** .

هذا وتجدر الاشارة الى أن مثل هذه الظواهر الجوية ليس لها أى تأثير على ظواهر الجو فى طبقة التروبوسفير ، وهى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى .ونحن كجغرافيين تهمنا دراسة التغيرات التى تحدث فى التروبوسفير لما لها من ارتباط وثيق بحياة الكــائنات على سطح الأرض . ولهــذا فان دراستنا لعناصر المناخ فى الفصول التالية تنصب على ظواهر الجو فى تلك الطبقـــة .

نشأة الغلاف الجوى وعوامل تلوثه

اصل نشأة الغلاف الجوى :

لقد مر الغلاف الجــوى فى عدة مراحل من التطــور قبل أن يصل الى تركيبه وخصائصه المميزة الحالية . فالأرض حينما ولدت أصبح لها كيان مستقل منذ أكثر من خمسة مليارات سنة ، كانت صغيرة الحجم نسبيا ، ولم يكن لها غلاف جوى يحيط بها . وأخذ حجم الأرض فى الكبر بورود أعداد لا حصر لها من الكويكبات واصطدامها بها أثناء مرحلة يمكن تسميتها مرحلة

ورود الكويكبات • وحينما كبرت الارض ، واصبحت لها قوة جاذبية كافية ، اخذت تجذب كميات من غازات فضاء المجموعة الشمسية وتأسرها وتحتفظ بها من حولها • وتلك هى الغـازات الخفيفة كالايدروجين والهيليوم التى تتألف منها هوامش الغلاف الجوى الحالى العليا •

اما المرحلة الثانية المهمة فى تكوين الغلاف الجوى الحالى فهى مرحلة الثوران البركانى • وعن طريقه انبثقت معظم غازات الجو الحالى التى من اهمها : الأمونيا ، والميثان ، وثانى أكسيد الكربون ، وبخار الماء المكون من النيتروجين والاوكسجين • ومن المعروف الآن أن مياه البحار والمحيطات هى مياه أصلية Juvinile Water ، انبثقت مع كتال الصهير من باطن الأرض فى أثناء مراحل النشاط البركانى ، التى لم تتوقف منذ ولادة الأرض •

والمرحلة الثالثة : فى تكوين الغلاف الجوى الحالى بدات مع تطور الحياة على سطح الأرض ، ودخول مزيد من الاوكسجين بكميات كبيرة ، ذلك أن المصدر المهم للاوكسجين الجوى ، هو تحلل المواد العضوية للكائنات الحية بعد موتها • ويرى بعض العلماء أن معظم الأوكسجين قد دخل غلافنا الجوى الحالى فى العصر الكربونى من أعصر الزمن الجيولوجى الأول ، عنـدما بدأ تكوين رواسب الفحم ومكامن البترول فى مختلف أنحاء الارض •

ويحدث التوازن فى تركيب الغلاف الجوى على مر العصـور عن طريق المصـادر الآتية :

١ ـ انبثاق الغازات وبخار الماء مع المصهورات البركانية •

٢ ـ تحلل الكائنات الحية بعد موتها ، واحتراق مواد الوقود •

٣ ـ دورة النيتروجين فى النشاط الذى تقوم به البكتريا فى التربة •

٤ ـ عملية التمثيل الكلوروفيللى الذى يقوم بها النبات فى الضوء •

٥ ـ عمليات تنفس الأحياء •

وظائف الغـلاف الجـوى :

وقبل ان نعرض لدور الانسان فى التأثير فى تركيب الغـلاف الجوى ، يحسن أن نميز الوظائف الرئيسـية التى يقوم بها الجو ، والتى بدونهـا لا تستقيم الحياة على وجه الأرض •

١ ـ تنظيم درجة الحرارة على سطح الأرض :

ينظم الغلاف الجوى وصول الاشعاع الشمسى الى سطح الأرض،ويعرقل

نفاذ الاشعاع الأرضى بكامله الى الفضاء ، فهو بذلك يقوم بدورهام وحيوى فى تنظيم درجات الحرارة بحيث تكون دواما ملائمة لحياة مخلوقات الله على سطح الأرض • ولولا وجود الغلاف الجوى لارتفعت حرارة النهار الى ما فوق ١٠٠°م ، ولهبطت أثناء الليل الى مادون الصفر بنفس القدر (أكثر من ١٠٠°م تحت الصفر) ، ولأصبح المدى الحرارى اليومى أكثر من ٢٠٠° ، ولاستحالت الحيـاة على سطح الأرض • ولكن مع وجود الغـلاف الجوى بخصائصه المذكورة ، صار المعدل الحرارى اليومى للجـو الملامس لسطح الأرض نحو ١٥°م • وهو مقدار مناسب جدا لحياة الكائنات •

٢ ـ توزيع ونشر الطاقة الحرارية على سطح الأرض :

يصل النطاق المدارى من سطح الأرض مقدار عظيم من الاشعاع الشمسى العمودى ، ومن ثم ترتفـع حرارته ارتفاعا عظيما ، بينما لاينـال النطاق القطبى فى الشمال وفى الجنوب منه سوى القليل • ولولا الحركة فى الغلاف الجوى التى تنقل الطاقة وتوزعها على جميع سطح الأرض لاستحالت الحياة فى النطاق المدارى لشدة حرارته ، وفى المناطق القطبية لشدة برودتها •

٣ ـ توزيع ونشر بخار الماء فى الطبقة المحيطة بالأرض :

المسطحات المائية هى المصدر الرئيسى لبخار الماء ، خاصة ما يقع منها فى المناطق المدارية • فقد قدر ما يتبخر منها ويدخل الغـلاف الجوى نحو ٨٦٪ من جملة بخـار الماء فيه • ولولا حركـة الهواء لتركز المطر فى ذات النطاق ، ولحرمت منه بقية سطح الأرض • فالغلاف الجوى ينقل بخار الماء من فوق المسطحات المائية الى الأراضى اليابسة حيث تعيش الكائنات الحية معيشة دائمـة •

عوامل تلوث الغلاف الجوى :

ظل الغلاف الجوى متوازنا بصورة طبيعية حتى بداية الثورة الصناعية فى أوروبا ، وانتشارها بعد ذلك فى جميع انحاء المعمورة ، ومن ثم بدأت تدخل تغيرات سريعة فى تركيب الغلاف الجوى ، لابد وأن تكون ذات آثار مناخية عالمية ، ناهيك عن عوامل التلوث المحلى ذات الأثر المباشر فى صحة الأحياء فى بقاع معلومة •

ويصيب التغير فى الغلاف الجوى نواحى عدة ، منها زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون ، وانقاص نسبة غازات أخرى كالأوكسجين والأوزون • وقد عمل الانسان أيضا على زيادة نسبة المـواد العالقة بالجو ، كما أسهم بادخال عناصر غريبة فى تركيبه مثل بعض العناصر المشعة •

زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون وأثرها فى المناخ العالمى :

سبق أن ذكرنا أن الغلاف الجوى يحوى نسبة من ثانى أكسيد الكربون تقدر بنحو ٠٣ر٠٪ ٠ ورغم ان ثانى أكسيد الكربون من غازات الجو ذات النسب الثابتة ، فانه من المؤكد أنها ازدادت بشكل ملحوظ منذ بداية الثورة الصناعية ، والافراط فى استخدام الفحم لتوليد الطاقة ، وما ينشأ عن ذلك من اطلاق كميات هائلة من غاز ثانى أكسيد الكربون ٠ ويرى بعض العلماء أن ثانى أكسيد الكربون قد ازداد بنسبة مقدارها ١٠٪ مما كانت عليه قبل بداية الثورة الصناعية ، ويقدر آخرون أن نسبة هذا الغاز قد ارتفعت من ٢٩٠ جزء فى المليون قبل القرن التاسع عشر الى نحو ٣٢٠ جزء فى المليون فى خمسينيات هذا القرن ، ويتوقعون لهذه النسبة أن تبلغ ٤٠٠ جزء فى المليون عند نهاية هذا القرن العشرين ٠

وينبغى أن نشير الى أن الارتفاع فى نسبة ثانى أكسيدالكربون لاتقتصر على المدن الصناعية دون غيرها من المدن ، ودون الريف ، فهى ظاهرة تشمل الغلاف الجوى كله ، فالجو قادر على الخلط والمزج ، والنشر والتوزيع كما أسلفنا ٠

ويحدث التوازن بصورة طبيعية بين العوامل التى تبنى ثانى أكسيد الكربون والعوامل التى تقوم بالتخلص منه ٠ ذلك أن التنفس وحرق العضويات يؤدى الى بنائه ، بينما تعمل التفاعلات الكيموضوئية التى تحدث فى طبقات الجو العليا على التخلص من بعضه ، اضافة الى أن النباتات تستهلك قسما كبيرا منه فى عملية التمثيل الكلوروفيللى ، كما أن مياه البحار والمحيطات تذيب جزء منه ، وتزداد قابلية اذابته بتلك المياه كلما انخفضت درجات حرارتها ٠ ولكن تدخل الانسان منذ بداية الثورة الصناعية كان وما يزال العامل المهم فى بناء الزيادة التى باتت خطيرة على المناخ العالمى بعامة ، وعلى صحة الأحياء بخاصة ٠

أثر الزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون على المناخ :

يتضح أثر الزيادة الملحوظة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون على المناخ ، عن طريق تأثيرها على التوازن الاشعاعى للأرض ٠ ذلك أن ثانى أكسيد الكربون يمتص قسما من الاشعاع الحرارى الأرضى ، ومن ثم يحفظه فى المستوى السفلى من التروبوسفير الملامس لسطح الأرض ، وتبعا لذلك ترتفع حرارة هذا المستوى ، مما يؤدى الى صهر قسم من الجليد المتراكم فى المناطق القطبية ، خاصة جليد أنتاركتيكا وجليد جرينلندا ، اضافة الى جليد

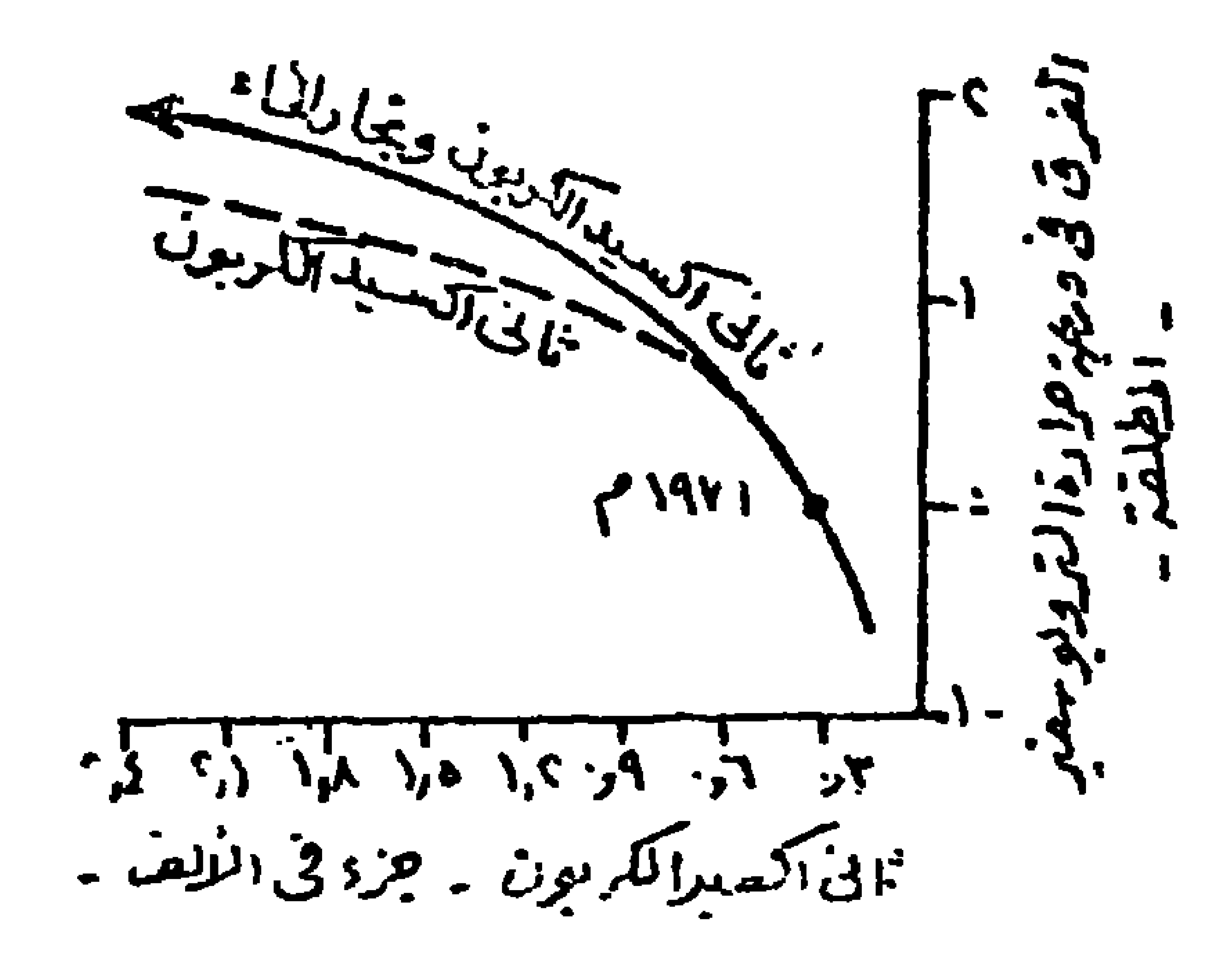
القلنسوات الجليدية فوق ذرى الجبال • وقد سجل بالفعل تناقص فى سمك الجليد ، وانكماش فى هوامشه ، كما لوحظ تراجع الجليد فى أودية الألب والهيمالايا والروكى منذ بداية القرن العشرين •

ولاشك أن انصهار الجليد وانصباب مياهه فى البحر يؤدى الى نتائج لها خطورتها على الحياة والأحياء • فارتفاع منسوب البحار والمحيطات يعنى طغيان مياهها على السواحل المنخفضة الماهولة بالسكان كأراضى هولندا فى دلتا الراين ، وأراضى مصر فى دلتا النيل ، أضف الى ذلك التآكل والنحر الذى باتت تعانى منه سواحل كثير من الدول •

ولقد تعددت الآراء المبنية على دراسات وأبحاث مستفيضة فيما يخص آثار ارتفاع نسبة ثانى أكسيد الكربون على رفع درجة حرارة الجو المحيط بسطح الارض • ومن تلك الآراء المهمة ما يلى :

١ـ رأى راسول وشنايدر **Rasool and Schneider :**

يرى هذا العالمان (١٩٧١ صفحات ١٣٧ ـ ١٤٢) أنه لو بلغت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو عشرة أمثال نسبته الحالية ، فان درجة حرارة الجو لن ترتفع الى أكثر من ٥ر٢°م • معنى ذلك أن أثر زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو على رفع درجة حرارة الهواء تتناقص تدريجيا بعد أن تصل نسبة ذلك الغاز فى الجو حدا معلوما •



شكل رقم (٤)

تغير درجة حرارة التروبوسفير

مع زيادة نسبة ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى

٢ ـ رأى ماناب وويذيرالد Manabe and Wetherald :

يريان أن الارتفاع فى درجة حرارة الجو بتأثير الارتفاع فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، ستكون أكثر وضوحا فى المناطق القطبية منها فى النطاقات المدارية • ويعتقدان أن درجة حرارة الأراضى الواقعة ضمن دائرة العرض ٨٠° شمالا سترتفع عشر درجات مئوية (١٩٧٥ صفحات ٣ ـ ١٥) • ولو صح هـذا الرأى لأدى فى المستقبل الى طغيان ميـاه البـحر العالى على أراضى ساحلية عظيمة المساحة ، ولتغيرت نسبة توزيع اليابس والماء تغيرا كبيرا ، يعود بها الى الوضع فى أواخر الزمن الثالث وبداية الزمن الرابع ، حينما كان اليابس يخلو من الجليد ، وكان منسوب مياه البحار والمحيطات فوق منسوبها الحالى بنحو ١٠٠ متر •

ويرد على هذا الرأى الباحث شنايدر Schneider (١٩٧٥) فيقول بأن ارتفاع درجة الحرارة يعنى زيـادة نشاط الدورة الهيـدرولوجية وارتفـاع معدلات التبخر ، مما يؤدى الى زيادة نسبة التغيم ، ويرى أنه لو ارتفعت نسبة تغيم السماء بمقدار ٢ر٤٪ ، فان هـذه النسبة كفيلة باهـدار أى أثر لزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو •

أثر الزيادة فى نسبة المواد العالقة فى الجو على المناخ :

رأينا كيف دلل البحاث على ارتفاع درجة الحرارة خصوصا فى النصف الاول من هذا القرن العشرين، معللين لذلك بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو • وعلى العكس من ذلك يرى جانب من العلماء أن درجات الحرارة ابتداء من الخمسـينيات (أى منتصف هـذا القرن العشرين) قـد توقفت عن الارتفاع ، بل انها آخذة فى التنـاقص التدريجى وينذرون بأن العـالم مقبل على دور جليـدى خامس ، لو اضطرد الهبـوط فى درجات الحرارة (Kellog, W. 1977, 1978) • ويرجعون هذه الظاهرة الى زيادة نسبة المواد العالقة فى الجو من مختلف المصادر التى سبق أن أشرنا اليها •

ومعلوم أن زيادة نسبة المواد العالقة يعنى زيادة فى نسبة ما تعكسه من اشعاع شمسى ورده الى الفضاء وحرمان جو الارض السفلى منه ، فضلا عن زيادة ما تمتصه من اشعاع (Braslaw, N. 1973) ومعلوم أن المواد العالقة فى الغلاف الجوى تعكس ما بين ١ ـ ٢٪ من أشعة الشمس وتمتص نحو ٥٪ منها، وأكثر المواد العالقة فاعلية فى توزيع ونشر الأشعة الشمسية هى التى تتراوح أقطارها بين ١ر٠ ـ ٤ر٠ ميكرون •

وفضلا عن ذلك فان زيادة المـواد العالقة فى الجو يسـاعد على سرعة

• تكوين السحب ، لأن بخار الماء يتكاثف حولها ، وتبعا لذلك يحجب الاشعاع الشمسى ويزداد معدل انعكاسه ، وتتناقص نسبة ما يصل منه الى سطح الارض• ويقدر العلماء (Rasool and Schneider 1971) أن نسبة المواد العالقة قد تضاعفت فى الغلاف الجوى خلال نصف القرن الاخير •

تلوث طبقة الأوزون واثره على المناخ :

رأينا اهمية غاز الاوزون الذى يوجد فيما بين رتفاعى ٣٠ ــ ٣٥ كم ضمن طبقة الاستراتوسفير ، فى رفع درجة حرارة تلك الطبقة ، لانه يمتص اشعة الشمس فوق البنفسجية • وبامتصاصه تلك الاشعة يقى الأحياء على سطح الأرض من أخطارها • ولاشك أن تغيير تركيب تلك الطبقة التى تدعى أحيانا بطبقة الأوزونوسفير يخلق مشاكل للأحياء من جهة ، ويؤثر على ظروف المناخ فى طبقة التروبوسفير من جهة أخرى •

ولقد لحق التلوث هذه الطبقة ،رغم ارتفاعها ، نتيجة لما تنفثه محركات الطائرات النفاثة العملاقة التى تحلق فيها من غازات ونفايات وبخار ماء ، تبقى جميعا عالقة بتلك الطبقة سنوات طويلة • وقد قدر مقدار ما تنفثه تلك الطائرات كل ساعة فى طبقة الاوزونوسفير ما يزيد على مائة طن من بخار الماء ، ونحو ثمانين طنا من غاز ثانى أكسيد الكربون ، وعدة أطنان من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيترات (Mc Elroy 1974 & Newell 1980).

وقد قدر أحد العلماء (Nuessle 1980) أن نسبة بخار الماء فى الاستراتوسفير سترتفع من ٣ جزء فى المليون ، الى ٥ جزء فى المليون نتيجة لطيران ٥٠٠ طائرة نفاثة يوميا فى تلك الطبقة فيما بين دائرتى عرض ٤٥ ــ ٦٠° شمالا • وهذا سيؤدى الى تناقص ملحوظ فى نسبة الأوزون ، والى زيادة كبيرة فى نسبة التغيم وتكوين السحب ، والى ارتفاع فى درجة حرارة الاستراتوسفير يصل ٥ر١°م ، بينما تهبط درجة حرارة التروبوسفير بمعدل ٦ر٠°م •

ويلوث طبقة الاوزون التفجيرات الذرية التى تجريها الدول الكبرى • فلقد استقر الكثير من الاشعاعات النووية فى تلك الطبقة منذ تفجير أولى القنابل الذرية على مدينتى هيروشيما ونجازاكى اليابانيتين فى أواخر الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥ •

الانقلاب الحرارى وعلاقته بتلوث الجو :

القاعدة العامة ان درجات الحرارة تتناقص بالارتفاع عن منسوب سطح

البحر ، لكن يحدث أحيانا أن تزداد الحرارة بالارتفاع فى الغلاف الجوى · وتعرف هذه الظاهرة بالانقلاب الحرارى · وتتم فى سمك من الجو لا يتعدى ارتفاعه كيلو مترا واحدا فى معظم الأحوال ، ثم يظهر أعلاه التناقص الحرارى العادى بالارتفاع · ويكثر حدوث الانقلاب الحرارى عندما يكون سطح الأرض أبرد من الهواء الذى يعلوه مباشرة،فتنتقل الحرارة بالتوصيل منه الى سطح الارض البارد · والانقلاب الحرارى متنوع لاختلاف أسباب النشاة · وسيأتى ذكر ذلك تفصيلا فى فصل الحرارة ·

ويهمنا هنا أن نوضح العلاقة بين الانقلاب الحرارى وانتشار التلوث فى الجو من عوادم المصانع والمعامل ووسائل النقل · ذلك أن الانقلاب الحرارى يضع حدا لطبقة دافئة مستقرة قليلة السمك (واحد كيلو متر) ينتشر فيها الدخان فيؤثر تاثيرا ضارا على البيئة المحلية · وعادة ما يتخلص الجو من مواد التلوث بنشرها فى كل اتجاه ، ثم يتخلص منها عن طريق التساقط مع المطر أو الثلج · لكن يحدث أحيانا أن يتكون انقلاب حرارى ويستقر الجو مدة تدوم بضعة أيام ، كما حدث فى جو مدينة لندن فى شهر يناير من عام ١٩٥٢ ، حين أدى ارتفاع تلوث جو المدينة خلال أسبوع كامل، الى وفاة حوالى أربعة آلاف نسمة ، كما توفى بسبب أمراض التلوث نحو ثمانية آلاف نسمة فى خلال الشهرين التاليين ·



الباب الثالث

الاشعاع الشمسى والاشعاع الارضى

- الاشعاع ومصادره : الأرضى ، الكونى ، الشمسى .
- أنواع الاشعاع الشمسى : الحرارى ، الضوئى ، فوق البنفسجى .
- الاشعاع الشمسى مصدر الطاقة ـ صور الطاقة الشمسية .
- نموذج محطة مناخية (كشك الأرصاد الجوية) .
- وسائل انتقال الحرارة فى الجو : بالتوصيل ، بالحمل ، بالاشعاع .
- ثابت الاشعاع الشمسى .
- العوامل المؤثرة فى مقدار الاشعاع الشمسى .
- أجهزة قياس الاشعاع الشمسى .
- العوامل المؤثرة فيما يمتصة وما يعكسه سطح الارض من اشعاع .
- توزيع الاشعاع الشمسى على سطح الأرض .
- الاشـعاع الأرضى .
- قياس معدل الاشعاع الأرضى .
- الالبيدو الأرضى والميزانية الاشعاعية .
- توزيع الاشعاع الشمسى الذى يدخل جو الأرض .
- وسائل تخلص سطح الارض من الاشعاع .

الاشعـــاع الشـمسى

الاشعــــاع ومصـــادره :

يعرف الاشعاع الشمسى بعامة بأنه انتقال أو انتشار الطاقة ـ وللاشعاع مصادر عدة نجملها فيما يلى :

١ ـ جوف الأرض :

وهو حار ، ورغم شدة حرارته لا يصل من اشعاعه الى الغلاف الجوى سوى النذر اليسير ، نظرا لصعوبة وصوله الى الجو من خـلال الغلاف الصخرى السميك المندمج ، وما ينفذ منه الى الجو يكون من خلال النشاط البركانى عبر فتحات فوهات البراكين المركزية ، أو من خلال شقوق وكسور تصيب قشرة الأرض ، أو عن طريق العيون والينابيع والنافورات الحارة ٠

٢ ـ الاشعــاع الكـونى :

ونقصد به اشعاع النجوم،والحرارة المستمدة من حرق الشهب والنيازك فى أعالى الغلاف الجوى ، وما يصل من هذا الاشـعاع الى الأرض ضئيل للغـاية ٠

ولا تسهم هذه المصادر سوى ٠٣ر٠٪ من الاشعاع والطاقة الواصلين الى سطح الأرض ٠

٣ ـ الاشعـــاع الشمسى :

هو مجموعة من الاشعاعات الأثيرية مصدرها الشمس ٠ وهـو المصدر الرئيسى للطاقة فى الغلاف الجوى ، ويسهم بنحو ٩٧ر٩٩٪ من جملة الطاقة٠ وطاقة الاشعاع الشمسى هى سبب جميع ظواهر الجو من سحب ورياح وأمطار وعواصف وبرق ورعد ٠ وتاتى حركة الغلاف الجوى من التفاوت فى وفرة الطاقة الشمسية من مكان لآخر ٠ وتستنفذ تقلبات الجو واضطرابات الطقس والعواصف والأعاصير طاقة ضخمة ٠ **ولقد قدر ما تستهلكه عاصفة واحدة من عواصف التيفـون أو التورنادو من الطاقة ، ما يفوق الطـاقة المنبعثة من تفجير القنبلة الذرية التى القيت على هيروشيما أو نجازاكى مئات المرات ٠**

الشمس مصـــدر الطـاقة :

الشمس كتلة ضخمة تتألف من غازات ملتهبة ، ويبلغ حجمها قدر حجم

الكرة الأرضية مليون مرة • ويزيد قطرها على ١ر٣ مليون كيلو مترا أى قدر قطر الأرض مائة مرة • ويبلغ متوسط حرارة هوامش محيط الشمس نحو ٦٠٠٠°م ، أما حرارة جوفها فتقدر بنحو ٢٠ مليون درجة مئوية • ويتركب جسم الشمس من غازين رئيسيين هما الأيدروجين بنسبة تبلغ نحو ٧٦ر٨١٪ ، والهيليوم بنسبة مقدارها حوالى ١٧ر١٨٪ • وتمثل الغازات الخفيفة الأخرى بنسبة ضئيلة مقدارها ٠٧ر٠٪ • **وتشبه الشمس بمفاعل نووى عملاق ، يتم فيه توليد طاقة هائلة بواسطة تفاعلات ذرية ، يتم بموجبها اشتقاق ذرات الهيليوم من ذرات الأيدروجين** ، أى تحويل ذرات الأيدروجين الى ذرات هيليوم ، **وينشأ عن فائض التفاعل طاقة ضخمة هى الطاقة الشمسية** • وقد حسب أنه يتم تحويل ٨٠٠ مليون طن من الهيدروجين الى هيليوم فى كل ثانية ، مما يبرهن على ضخامة الطاقة الشمسية من جهة ، وعلى تناقص جسم الشمس بالتدريج من جهة خرى • نظرا لعظم جرم الشمس فان هذا التناقص يسير ، لايزيد على جزء من عشرة آلاف جزء من كتلة الشمس ، فى مدى يزيد على خمسة مليارات من السنين ، منذ الانفصال وتكون الكواكب السيارة •

وتدور الشمس حول نفسها (أى حول محورها) من الغرب نحو الشرق مرة كل ٨٦ر٢٤ ساعة • وتشع طاقتها فى الفضاء على شكل موجات مختلفة تندفع فى الفضاء بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠ الف كيلو متر فى الثانية ، ولذلك فهى تصل الى سطح الأرض بعد شروق الشمس بست أو ثمانى دقائق • ويستطيع المتخصصون حساب مقدار ما يشعه سطح الشمس من طاقة وفقا لقانون يدعى قانون ستيفان – بولتزمان Stefan-Boltzman Law وبالمثل يمكن حساب طول موجات الاشعاع الشمسى حسب قانون فين Wien's Displacement Law •

وتظهر فى قرص الشمس بقع براقة متفاوتة المساحة تسمى «البقع الشمسية» وهى بمثابة عواصف كهربائية عنيفة فى جسم الشمس تبدو أكثر لمعانا مع بقية اجزائها • وتندفع فى الفضاء كحزمة عملاقة ، يبلغ قطرها ٦٠ الف كيلو متر وطولها أكثر من نصف مليون كيلو متر ، وبسرعة تصل الى ١٢ الف كيلو متر • ويتوزع منها فى الفضاء جهد مغناطيسى ضخم ، ينشا عنه الوهج القطبى الذى سبق لنا ذكره ، والعواصف المغناطيسية • وتؤدى هذه العواصف الى احداث تغيرات واضطرابات فى ظروف الطقس وأحوال المناخ على سطح الارض •

أنواع الاشـعاع الشمسي :

يبلغ معظم الاشعـاع الشمسى نـحو نصف مايكرون ، فهو اشعــاع قصير الموجات ، بينما يبلغ طول الاشعاع الأرضى ١٠ مايكرون ، اى قـدر طول الاشعاع الشمسى عشرين مثلا • ولهذا يسمى الاشعاع الشمسى بالاشعاع قصير الموجات ، والاشعاع الأرضى بالاشعاع الطويل الموجات • وهناك تفاوت فى أطوال موجات الاشعــاع الشمسى رغم قصرهــا جميعا ، اذ تتراوح أطوال موجات ٩٠٪ من الاشعاع الشمسى بين ١٥ر٠ ــ ٤ مايكرون •

وبحسب أطوال موجات الاشعاع الشمسى يمكن تمييز ثلاث فئات منها :

١ ــ الاشعاع الحرارى او الأشعة تحت الحمراء :

تكون الأشعة تحت الحمراء Infra-red Rays او الاشعة الحرارية Heat Rays نحو ٥١٪ من مجموع الاشعاع الشمسى،ويتراوح طول موجاتها بين ٧٥ر٠ ــ ٤ مايكرون ، وهى أشــعة غير مرئية ، وتستخــدم فى رفع درجات حرارة سطح الأرض والغلاف الجوى المحيط به • وهى ذات أهمية كبيرة لدراسة الطقس والمنــاخ •

٢ ــ الاشعــاع الضــوئى :

الأشعة الضوئية Light Rays أشعة مرئية Visible Rays ، تكون نحو ٤٢٪ من الاشعاع الشمسى • وتتراوح أطــوال موجاتها بــين ٤ر٠ ــ ٧٤ر٠ مايكرون وتشمل مجمــوعة الأشعة الضوئية أشعة زرقــاء وحمراء وصفراء وخضراء ، يتألف الضوء من اختلاطها جميعا • وهى ضرورية لحياة النبات للقيام بعملية التمثيل الضوئى ، وتزيد فى أوقات الظهر ، وفى الصيف عنها فى الشــتاء •

٣ ــ الاشعاع فـوق البنفسجى :

ويتمثل فى أشعة غير مرئية قصيرة الموجات ، يقل طول موجاتها عن ٤ر٠ مايكرون ، وتكون نـحو ٧٪ من جملة الأشعة الشمسية • ولهذه الأشعة فائدتها لنمو الكائنات الحية ، فهى تساعد فى علاج بعض أمراض لين العظام عند الأطفال ، لانها تعمل على تكوين فيتامين (د) فى الجلد • لكن ينبغى عدم التعرض لها فترة طويلة ، لأن كثرتها تؤدى الى نتائج عكسية • وقد سبق أن ذكرنا أن ما يصل سطح الارض قدر ضئيل لأن غاز الأوزون الموجود فى طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع بين ٣٠ ــ ٣٥ كم يمتص القســم الأكبر منها ، ويقى الأحياء على سطح الأرض أضرارها •

الاشعاع الشمسى مصدر الطاقة فى الغلاف الجوى :

الطاقة فى الغلاف الجوى بجميع صورها واشكالها ذات مصدر وحيد هو الاشعاع الشمسى . والطاقة لا تفنى ولا تتلاشى أو تزول ، وانما تتحول عند استعمالها من شكل لآخر ، أو من صورة لأخرى . وتتحول الطاقة الموجودة بالغلاف الجوى من طاقة حرارية الى طاقة حركية أو لطاقة كامنة ، أو من هذه الى تلك ، فى سهولة ويسر .

وتتخذ الطاقة الشمسية صورا متعددة فى الغلاف الجوى نجمل وصف كل منها فى الآتى :

الطــــاقة الحـــرارية Thermal Energy :

وتسمى أيضا الطاقة الداخلية Internal Energy . وتتمثل فى الحرارة التى نحسها فى الجو ، ومعلوم أن الطاقة الحرارية لأى جســم هى درجة حرارة هذا الجسم . وتبعا لذلك فان أى كتلتين هوائيتين متعادلتين فى درجة الحرارة ، تتعادلان أيضا فى طاقتيهما الحرارية ، وأن أى زيــادة بالمثل أو الضعف أو أكثر فى درجة حرارة أى منهما ، يقابلها فى التو ارتفاع فى الطاقة بنفس النســبة .

الطــــاقة الكـــــامنة Potential Energy :

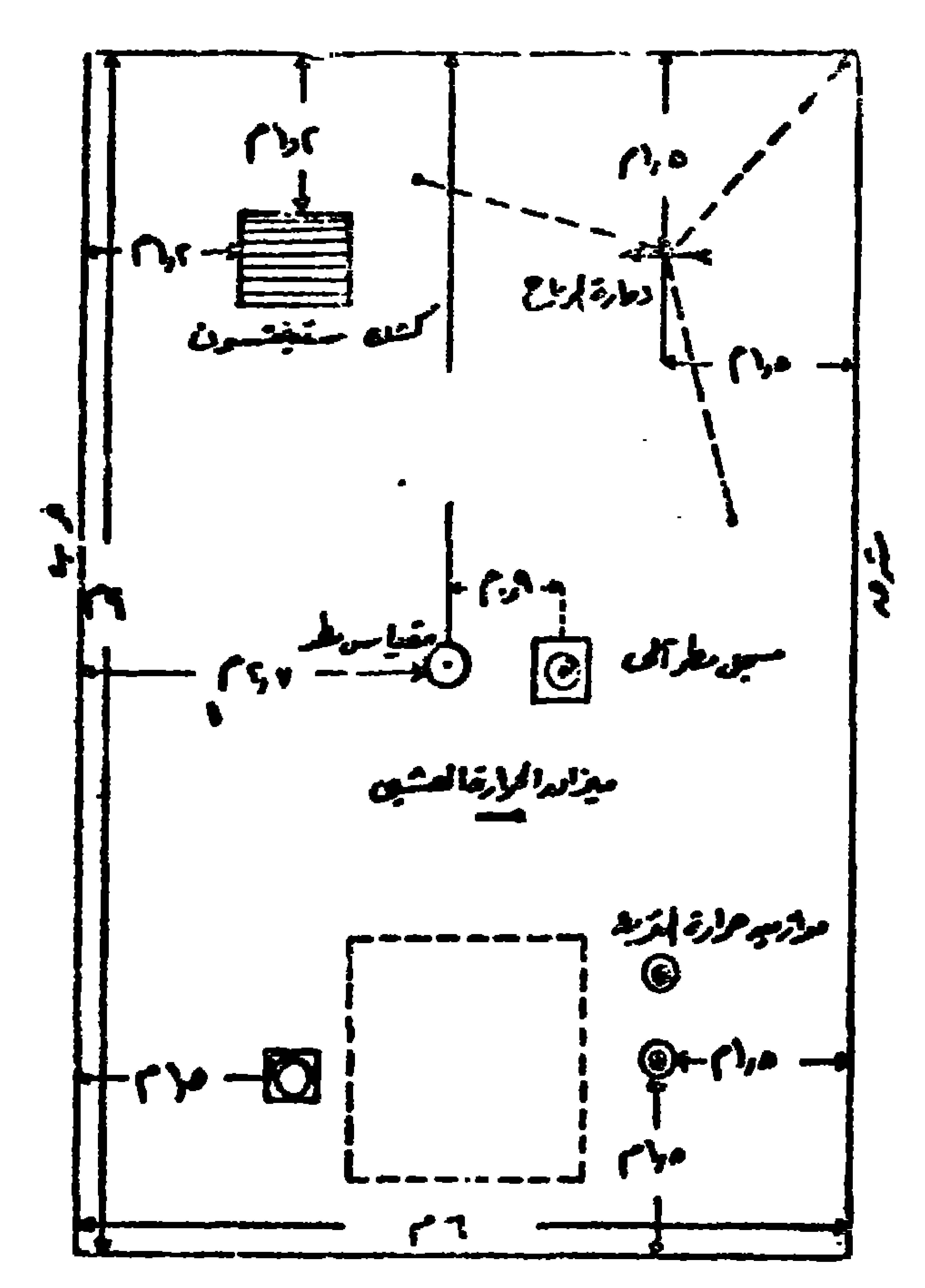
تتمثل الطاقة الكامنة فى أى جسم فى مقدار جذب الأرض لذلك الجسم ، أى مقدار ثقله ، وهى تعادل الطاقة اللازمة لرفع ذلك الجسم الى منسوب أعلى من منسوبه الأول . فعندما يرتفع الهواء الى أعلى ، فانه يستخـدم طاقة هائلة فى هيئة طاقة كامنة ترفعه الى أعلى برغم مقاومة جذب الأرض أى مقاومة ثقله . ويعود الهواء فيشع نفس كمية الطاقة التى استخدمها فى الصعود عندما يهبط تجاه سطح الأرض . والهواء كما هو معلوم لا يستقر ، فهو دائم الحركة صعودا وهبوطا ، ولذلك فهو يستخدم كميات ضخمة من الطــاقة الكامنة .

الطــــاقة الحـــركية :

تتناسب الطاقة الحركية لأى جسم مع سرعته . وتحتاج الرياح بمختلف أنواعها التى تهب فى اتجاهات مختلفة على سطح الأرض وفى طبقات الغلاف الجوى العليا كميات ضخمة من الطاقة لكى تبقى متحركة . وكلما عظمت الطاقة وتوفرت فى أى اضطراب جوى ، فان سرعة الرياح المصاحبة لذلك الاضطراب تكون اشد وأعنف .

الحـــرارة الكـــامنة Latent Heat :

هى شكل من اشكال الطـاقة • وهى الحرارة أو الطاقة الناشـئة من تحول المادة من شكل الى شكل آخر • فعندما تتبخر المياه تحتاج الى كمية كبيرة من الطاقة ، اذ يحتاج كل جـرام من الماء ٥٩٣ سعرا حـراريا لكى يتبخر • وتسمى الطاقة اللازمة لعملية التبخر باسم**الحرارة الكامنة للتبخر** Latent heat of evaporation •



شـكل رقم (٥) نموذج محطة مناخية (كشك الارصاد الجوية)

وعندما يتكاثف بخار الماء ويتحول الى شكل من أشكال التكاثف ، فانه يشع نفس كمية الطاقة التى استخـدمها لكى يتبخر • **وتسمى هـذه الطاقة باسم الحرارة الكامنة للتكاثف** Latent heat of Condensation وفى حياتنا اليومية نحس بالطاقة أو الحرارة المستخدمة فى التبخر فى أمور متعددة • مثال ذلك حينما نستحم بماء ساخن نشعر بعـده ببرودة مفاجئة ، وسبب

هذه البرودة أن الماء الذى يتبخر عن أجسادنا يستمد الطاقة (أى الحرارة) اللازمة لتبخره من أجسامنا ، وبالتالى تنخفض حرارتها . وحينما تشتد الحرارة أيام الصيف يعمد كثير من الناس الى رش الشوارع وأماكن اللهو بالماء ، كى تنخفض درجات حرارتها عن طريق ما تفقده من طاقة حرارية تلزم تبخير المياه.وفى المناطق الحارة والاستوائية يلى سقوط المطر انخفاض محسوس فى درجة الحرارة ، لان كميات من مياه الأمطار تأخذ فى التبخر مباشرة فتستهلك كمية من الطاقة أى من حرارة الجو . وتعلل شدة برودة الأيام التى ينصهر أثناءها الثلج أو الجليد أكثر من أيام سقوطه باستهلاك الانصهار لكمية من الطاقة.وفى المناطق الصحراوية يعتدل الجو عقب رخات المطر فى أيام الصيف الحارة .

وحينما نرى الكميات الهائلة من المياه التى تتبخر فى كل ثانية من مياه البحار والمحيطات ومن مياه اليابس ، وكميات بخار الماء الضخمة فى الغلاف الجوى التى تتكاثف فى هيئة سحب وضباب وندى ، يمكننا تصور المقدار العظيم من الحرارة الكامنة فى الغلاف الجوى .

وسائل انتقال الحرارة (الطاقة) فى الجو :

هناك ثلاث طرق يتم بواسطتها انتقال الطاقة الحرارية من مكان لآخر على سطح الأرض :

١ ــ التوصيل الحرارى Conduction :

تنتقل الحرارة بالتوصيل خلال وسط صلب أو سائل أو غاز وهو ثابت. وعندما يتلامس جسمان يختلفان فى درجات حرارتهما ، فان الحرارة تنتقل بالتوصيل من الجسم الأكثر حرارة الى الجسم الأدنى حرارة،الى أن تتعادل درجات حرارتهما . والتوصيل الحرارى مهم جدا فى الأجسام الصلبة ، لان الحرارة أو الطاقة تنتقل من جزىء لآخر بطريق مباشر وبسهولة ، لأن جزيئات الجسم الصلب ملتصقة ببعضها . أما فى الغلاف الجوى فان الحرارة أو الطاقة تنتقل بالتوصيل فى نطاق ضيق بين سطح الأرض والطبقة الرقيقة الملاصقة له .

فعندما يمتص سطح الأرض أشعة الشمس وترتفع حرارته ، تنتقل الحرارة منه الى الهواء الملامس له ، ثم الى الهواء الذى يعلوه .

٢ ــ انتقال الحرارة بطريق الحمل Convection :

يشترط عند انتقال الطاقة أو الحرارة بطريق الحمل توفر وسط مادى

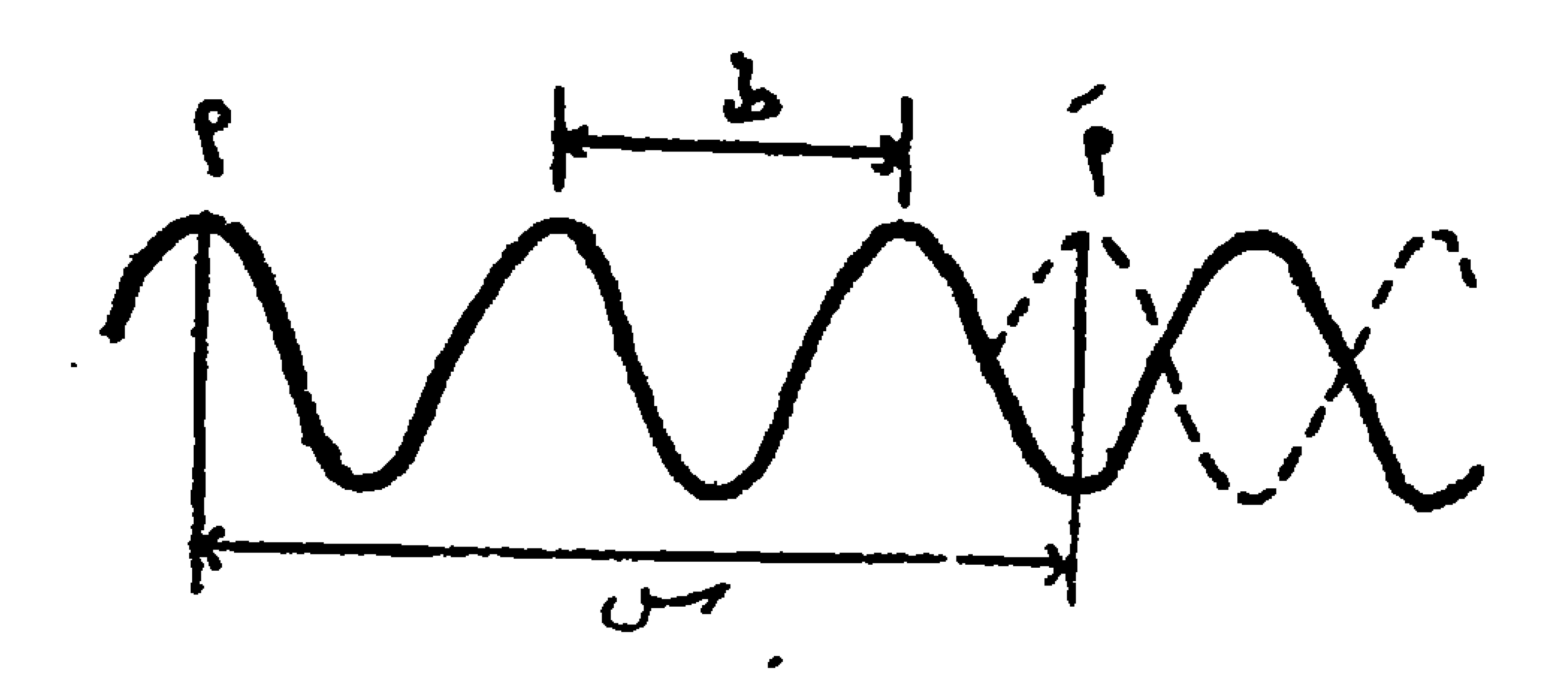
تنتقل عبره ، كما يشترط تحرك الوسط الغني بالحرارة من مكانه الأصلى الى مكان آخر ذى حرارة أو طاقة أقل منه · فانتقال الطاقة بالحمل يجب أن يصاحبه انتقال مادى للجسم المشحون بالطاقة عكس ما يحدث بالتوصيل فى الأجسام الصلبة · ولهذا فان انتقال الطاقة أو الحرارة بالحمل مهمة فى الغازات والسوائل (خاصة المياه) بسبب سهولة حركتها · وهى فى الواقع الوسيلة الرئيسية لانتقال الطاقة فى الغلاف الجوى · وما يحدث فى المناطق المعتدلة والباردة من تقلبات جوية يومية ما هو الا نتيجة لتعاقب كتل هوائية ذات درجات حرارية متباينة ·

وحينما يعظم الاشعاع الأرضى وترتفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض ، فانه ينساب الى أعلى لتمدده وخلخلته وانخفاض كثافته ، ويكون ما يسمى بتيارات الحمل أو التيارات الصاعدة ، وعندما يبرد فى أعالى الغلاف الجوى ، وتزداد كثافته ووزنه يعود الى الهبوط ويتحرك سطحيا ليحل محل الهواء الحار الصاعد ·

٣ ـ انتقال الطاقة أو الحرارة بالاشعاع Radiation :

تنتقل الطاقة الحرارية بالاشعاع الشمسى عبر الفراغ · فالاشعاع لا يشترط وجود وسط مادى لانتقاله ، كالحال عند انتقال الطاقة بطريق التوصيل أو الحمل · فالاشعاع اذن هو الوسيلة الوحيدة التى يتم بها انتقال الطاقة الشمسية الى الأرض التى تبعد عنها بنحو ١٥٠ مليون كيلو متر ·

وتنتقل الطاقة الحرارية عن طريق الاشعاع الشمسى فى شكل موجات كهرومغناطيسية Electramagnetic Waves ويساوى طول كل موجة منها المسافة الواقعة بين قمتين متتاليتين (شكل رقم ٦) ، وبالتالى فان موجات الاشعاع الشمسى تختلف فى أطوالها ، لكن معظمها قصير جدا ، بحيث يتعذر



شكل رقم (٦) موجة اشعاع شمسى

ط : طول الموجة   س : سرعة الموجة

قياسها باستخدام وحدات الطول المترية المعروفة كالمليمتر ، ولهذا تقاس بأجزاء المليمتر ، وبوحدة تعرف باسم المايكرون ، وهو يساوى جزء من ألف من المليمتر ، على نحو ما سبق أن شرحنا •

ثابت الاشـعاع الشمسى :

يعرف ثابت الاشعاع الشمسى بانه معدل الطاقة الشمسية الـذى يصل السنتيمتر المربع من مسطح أرضى دائرى مستوى فى الدقيقة ، **وتقدره معظم المراجع بنحو ٩٤ر١ سعر للسنتيمتر المربع الواحـد فى الدقيقة الواحدة •** ويقدر مدى الاختـلاف فى تقدير ثابت الاشعاع الشمسى النـاتج عن النشاط الشمسى واختلاف بعد الشمس عن الارض بحوالى ٣٪ (Rense 1961) •

ويقدر الاشعاع الشمسى بنحو ٥٦ × ٢٦١٠ سعرا فى الدقيقة • ويضـيع القسم الاكبر من هذه الاشعة ويتبدد فى الفضاء خـارج الغلاف الجـوى • **ولا يصل منه الى سطح الارض سوى جزء من ٢٠٠ مليون جزء •** ولتقدير ما يصيب السنتيمتر المربع من الطاقة ، يتصور العلماء وجود مسطح دائرى مستوى مكان الكرة الارضـية قطره ٥ر١ × ١٢١٠سم ، ويبعـد عن الشمس بمسافة معدلها ١٥٠ مليون كيلو مترا ، وهو معدل بعد الكرة الارضية عن قرص الشمس ، **فانه يصل كل سنتيمتر مربع من هذا المسطح حوالى ٢ سعر حرارى فى كل دقيقة واحدة •** ويعرف هذا المقدار بثابت الاشـعاع الشمسى كما أسلفنا ، وسمى بهذا الاسم لانه ثابت لا يتغير من عام لآخر الا قليلا •

ونذكر لاعطاء تصور للطـاقة العظيمة لثابت الاشعاع الشمسى ، وهـو **٢ سعر/سم٢/دقيقة ، أن هذا القـدر يكفى لتبخير سمك من الميـاه يحيط بالكرة الارضية مقداره نحو ٨ر٢ مترا ، كما يمكن لهذا المقدار من الطاقة أن يصهر غطاء من الجليد يحيط بالارض ويبلغ سمكه حولى ٢٠ مترا •**

والواقع أن ما يصل السنتيمتر المربع من سطح الكرة الارضية من ثابت الاشعاع الشمسى هو ربع هذا المقدار فقط • ذلك لان الارض كروية الشكل ، وبالتالى فان قسما من سطحها يتعرض للاشعاع الشمسى ، بينما يظل القسم الاخر واقعا فى الظل • ولهذا فان معـدل ما يمكن ان يصـل سطح الارض الكروية من الاشعاع الشمسى ـ فى حالة عدم وجود الغلاف الجوى ـ يساوى ربع ثابت الاشعاع الشمسى الذى يصـل الى المسطح المستوى الـذى سبق افتراضه ، أى أن ثابت الاشعـاع الشمسى الذى يمكن أن يصـل الى سطح الارض الكروية ـ فى حالة غياب الغلاف الجوى ـ يساوى نصف سعر حرارى

لسنتيمتر لمربع فى الدقيقة الواحدة . كما وأن الغلاف الجوى يمتص نسبة كبيرة من هذا الاشعاع قبل وصوله الى سطح الأرض .

العوامل المؤثرة فى مقدار الاشعاع الشمسى :

يتوقف مقدار وقوة الاشعاع الشمسى الذى يصل الى سطح الأرض ، ويؤثر فى حرارة الجو المحيط على عدة عوامل وعمليات يتعرض لها أثناء اختراقه الغلاف الجوى كى يصل الى سطح الارض ، **ويمكننا اجمالها فيما يلى :**

١ ـ مقدار ما يمتصه الغلاف الجوى والمواد العالقة به من الاشعاع الشمسى :

دور الغازات فى الامتصاص :

غاز الأوكسجين وغاز النيتروجين موصلان جيدان لأشعة الشمس ، وهما يكونان أكثر من ٩٩٪ من الغلاف الغازى . ويسمح الغازان بمرور الاشعاع الشمسى خلالهما دون أن يمتصا منه شيئا .

دور غاز الأوزون فى الامتصاص :

رغم أنه لا يكون الا نسبة ضئيلة فى تركيب الغلاف الجوى ، فانه يمتاز بقابليته العظيمة على امتصاص **Absorption** الاشعة قصيرة الموجات والتى يقل طولها عن ٣ر٠ مايكرون . وقد سبق أن ذكرنا أن طبقة الأوزون على ارتفاع بين ٣٠ ـ ٣٥ كم تمتص قسما كبيرا من أشعة الشمس فوق البنفسجية ، ولا تسمح الا لقسم صغير منها أن يصل الى سطح الأرض . وتبلغ نسبة ما يمتصه الأزون من جملة الاشعاع الشمسى ٢٪ .

دور بخار الماء فى امتصاص الاشعاع الشمسى :

يمتص بخار الماء جانبا كبيرا من الأشعة الحرارية غير المرئية ، وهى الأشعة تحت الحمراء ، التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٤ ـ ٥ر٤ مايكرون ويمتص من أشعة الشمس ما بين ٦ ـ ٨٪ .

دور المواد العالقة فى الامتصاص :

تمتص المواد العالقة فى الغلاف الجوى ، والتى تتمثل فى الغبار والدخان حوالى ٢٪ من أشعة الشمس قبل وصولها الى سطح الأرض .

من هذا نرى أن الغلاف الجوى بمكوناته من الغازات والمواد العالقة

يمتص نحو ١٢٪ من مجموع الاشعاع الشمسى الأصلى قبل الوصول الى سطح الأرض ٠

٢ ـ تبعثر وانتشار الاشعاع الشمسى :

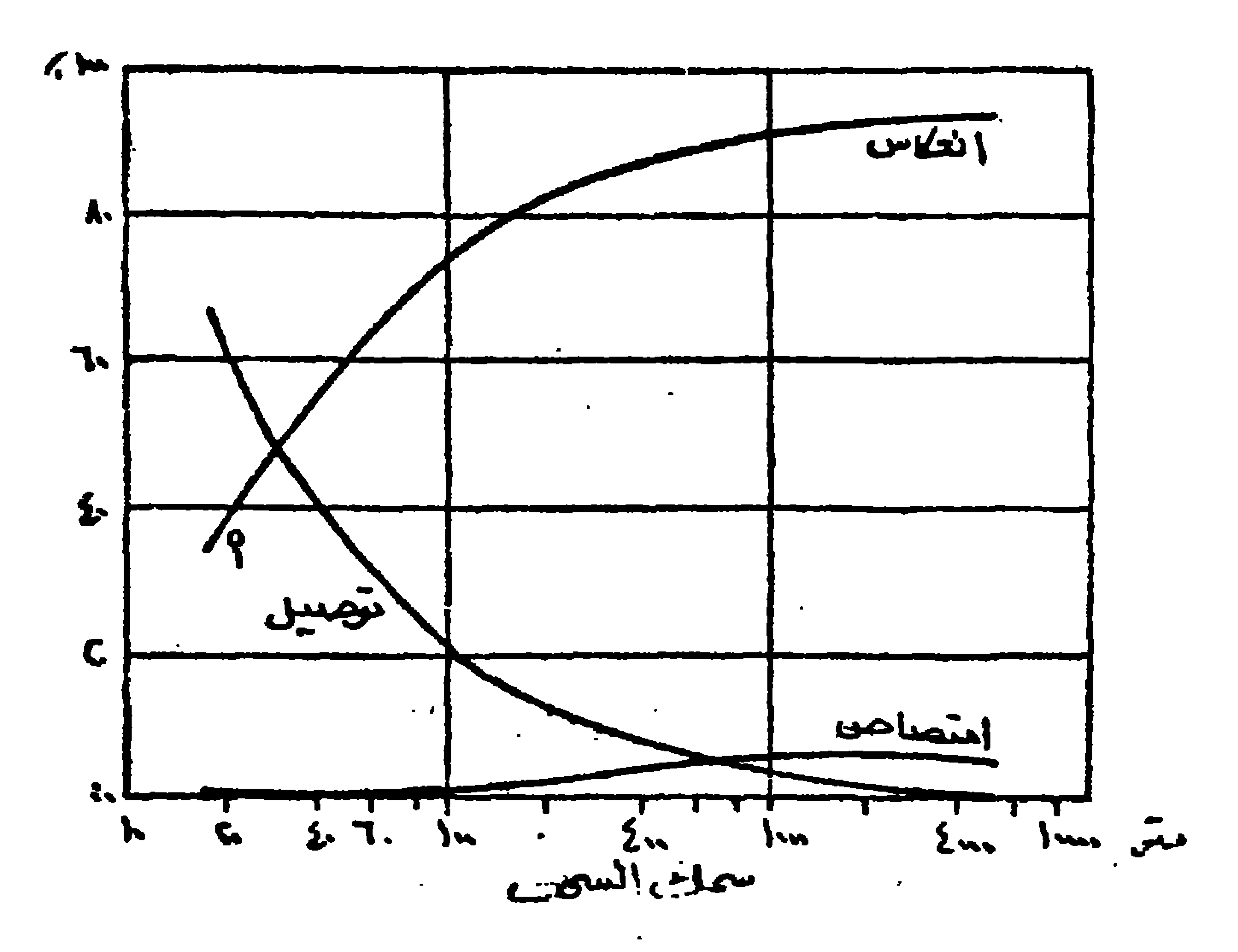
يقوم الغلاف الجوى بمكوناته الغازية ، وبما يحـويه من مواد عالقة بكسر الأشعة أثناء مرورها فيه ، وتنشرها وتبعثرها جزئيات الغازات وذرات بخار الماء والدخـان والأتربة والأملاح والغبـار ٠ وتمارس المواد العـالقة عملها كوسيلة نشر فعالة للأشعة التى تتميز بقصر موجاتها ، خاصة منهـا الأشعة الزرقاء ، وهى أقصر أشعة الشمس الضوئية ٠ وانتشار Scattering هذه الأشعة هو الذى يكسب السماء لونها الأزرق المعروف ٠ وكلما أزدادت العوالق كلما ازداد لون السماء زرقة صافية ، أما حينما تقل العوالق ، كما يحدث عقب سقوط الأمطار ، فان زرقة السماء تصبح داكنة ، لأن كثيرا من الشوائب التى تعمل على نشر Diffusion الأشعة الزرقاء تكون قـد سقطت مع حبات المطر ٠

وتبلغ نسبة الاشعة المنتشرة نحو ٩٪ من جملة الاشعاع الشمسى ، لكنها بطبيعة الحال ، تختلف من مكان لآخر ، ومن وقت لآخر ، حسـب نسبة تغيم السماء ، ودرجة العرض ، وكمية العوالق بالجو ٠

٣ ـ انعكاس الاشعاع الشمسى :

تقوم المواد العالقة فى الغلاف الجوى بعكس قسم من الاشعاع الشمسى ، ورده الى الفضاء الخارجى ، لكن دورها فى انعكاس Reflection الاشعاع الشمسى ليس كبيرا ٠ وأهم منها فى هذا المجال السحب ، خاصة منها السحب السميكة المنخفضة ، وأخصها سحب المزن الركامى التى تعكس عند تكاثرها نحو ٩٠٪ من أشعة الشمس ، ولا يصل الأرض سوى القليل منه فى الأيام الغائمة ، علما بأن السحب تعكس الأشعة الشمسية بمختلف أطوالها ٠

وقد تمكن هايدرو (Hidore 1979 and 1984) من حساب العلاقة بين نسبة التغيم ، ونوع الغيوم ، ومعامل انعكاس الاشعة الشمسية ، ووجد أنه عندما تكون السماء مغطاة تماما بالغيوم من نوع الركام الطبقى فان معامل انعكاس الأشعة (أى نسبة الأشعة المنعكسة الى جملة الاشعـاع الشمسى الى السطح العلوى للسحب) يتراوح بين ٥٦٪ ـ ٨١٪ ، وفى حـالة السحاب الطبقى المتوسط الارتفاع ٣٩ ـ ٥٩٪ بحيث تكون السماء مغطاة به تماما ، أما اذا كان بها فجوات مشرقة فان النسبة تصبح بين ١٧ ـ ٣٤٪ ، وفى حالة تغطية السماء تماما بالسحاب الطبقى العالى يصير معامل انعكاس الأشعة ٤٤ ـ



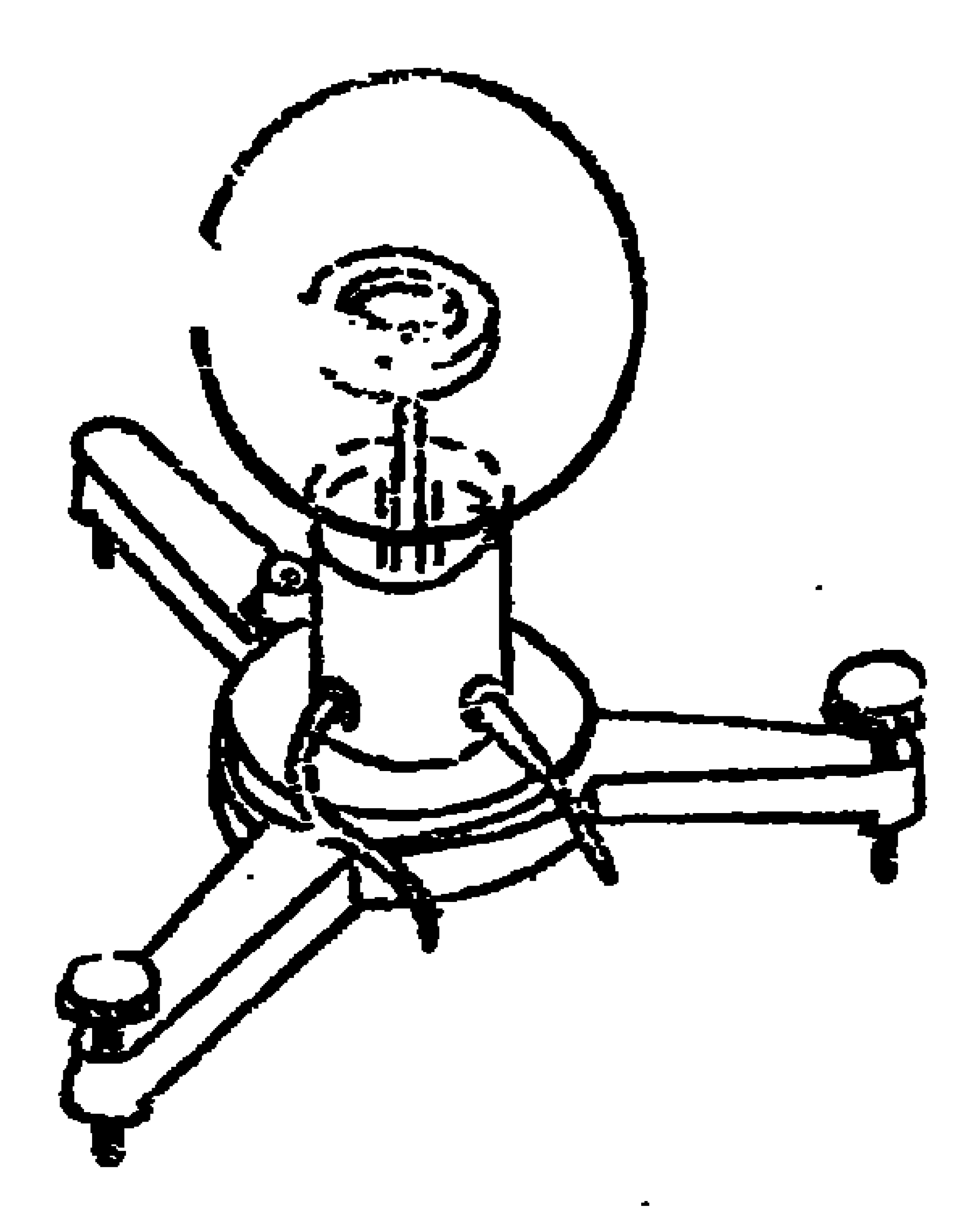
شكل رقم (٧) العلاقة بين سمك الغيوم ومعامل انعكاس أشعة الشمس.

٦٤٪ . وبصفة عامة يمكن القول بأن معامل انعكاس الاشعاع الشمسى على مستوى العالم هو ٢٤٪ لأن المعدل العام للتغيم هو ٤٥٪ تقريبا .

أجهزة قيـاس الاشـعاع الشمسى

جهاز ابلى لقياس الأشعة المباشرة والمنتشرة :

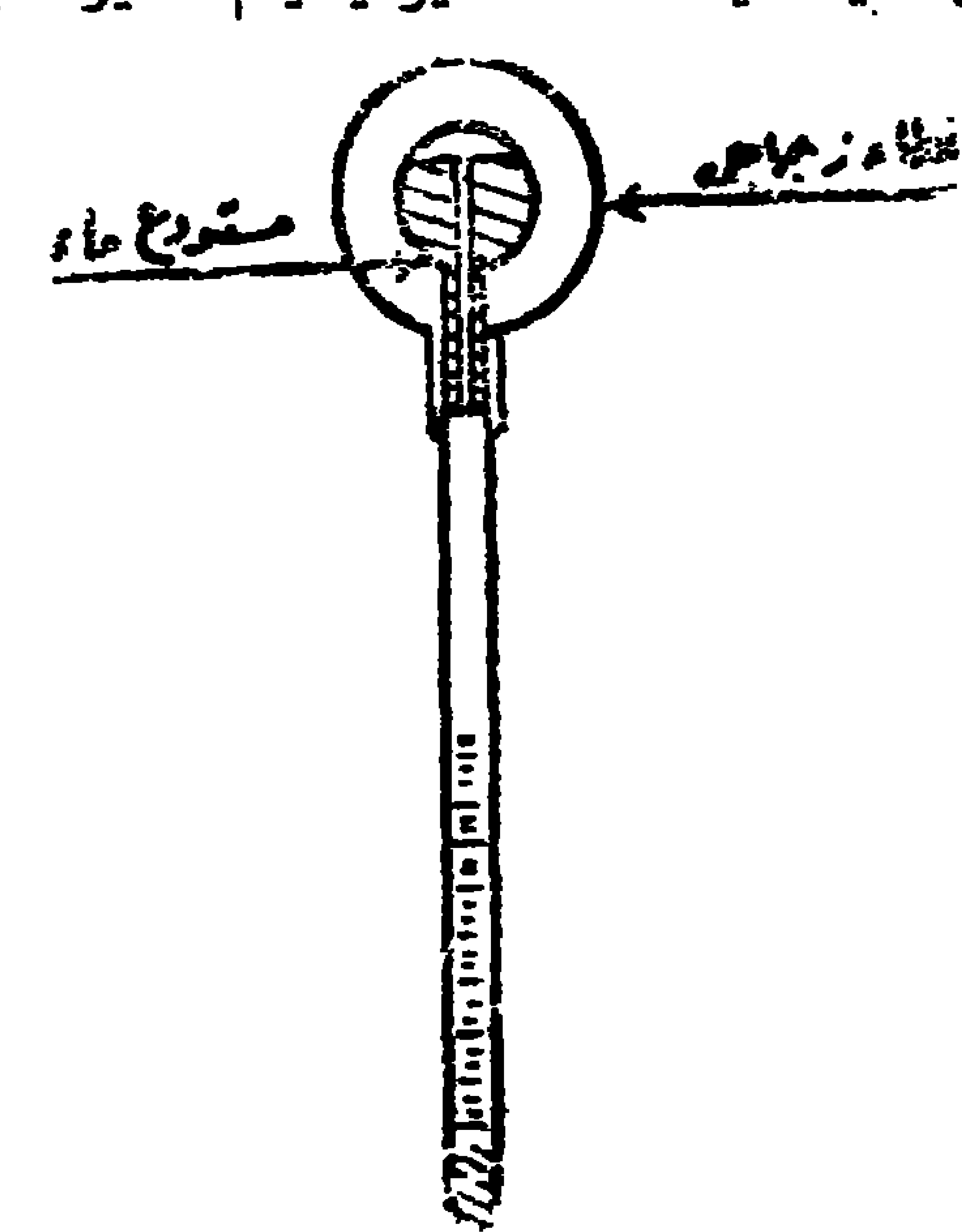
تعرف الاجهزة التى تقيس الاشعـاع الشمسى المبـاشر والمنتشر باسم بايرانوميتر Pyranometers ، وأشهر أنواعها جهاز ابلى Epply . وهويتالف من عمود حرارى Thermopils يتكون من قطعتين من معـدن حساس ، لون قطعة أبيض ، والأخرى مطلية باللون الأسود ، والغرض من اختلاف اللون قياس الفرق بين حرارتيهما ، ذلك انهما يختلفان فى المقـدرة على امتصاص الأشعة ، فالقطعة البيضاء تعكس معظم الأشـعة ، بينما تمتص السوداء كل الأشعة . ويتحول الفرق بـين حرارتيهما الى تيـار كهربائى يقيس الأشعة المباشرة والمنتشرة التى يتعرض لها الجهاز . وحينما يقلب الجهاز ويصير وجهه باتجاه سطح الأرض ، فانه يقيس الاشـعاع الشمسى المعكوس ، ويمكن حساب صافى التوازن الاشعاعى للمكان ، فهو يمثل الفرق بين الأشعة التى تصل الجهاز ، وتلك المعكوسة من سطح الأرض .



شــكل رقم (٨) ابلى بايرانوميتر

جهاز جن وبيلانى لقياس صافى الاشعاع الشمسى :

أشهر أجهزة قياس صــافى الأشعة جهاز جن وبيــلانى Gunn-Bellani Radiometer ويقيس أشعة الشمس التى تصــل الأرض بمـختلف أطوالها ، وذلك عن طريق قياس طاقة تبخير أشعة الشمس التى تبخر قسما من الماء الموجود فى مستودع خاص بالجهاز·ويتكاثف البخار فى قسم آخر من الجهاز وعن طريق قياس كمية المياه المتكاثفة يوميا يتم تقدير كمية أشعة الشمس

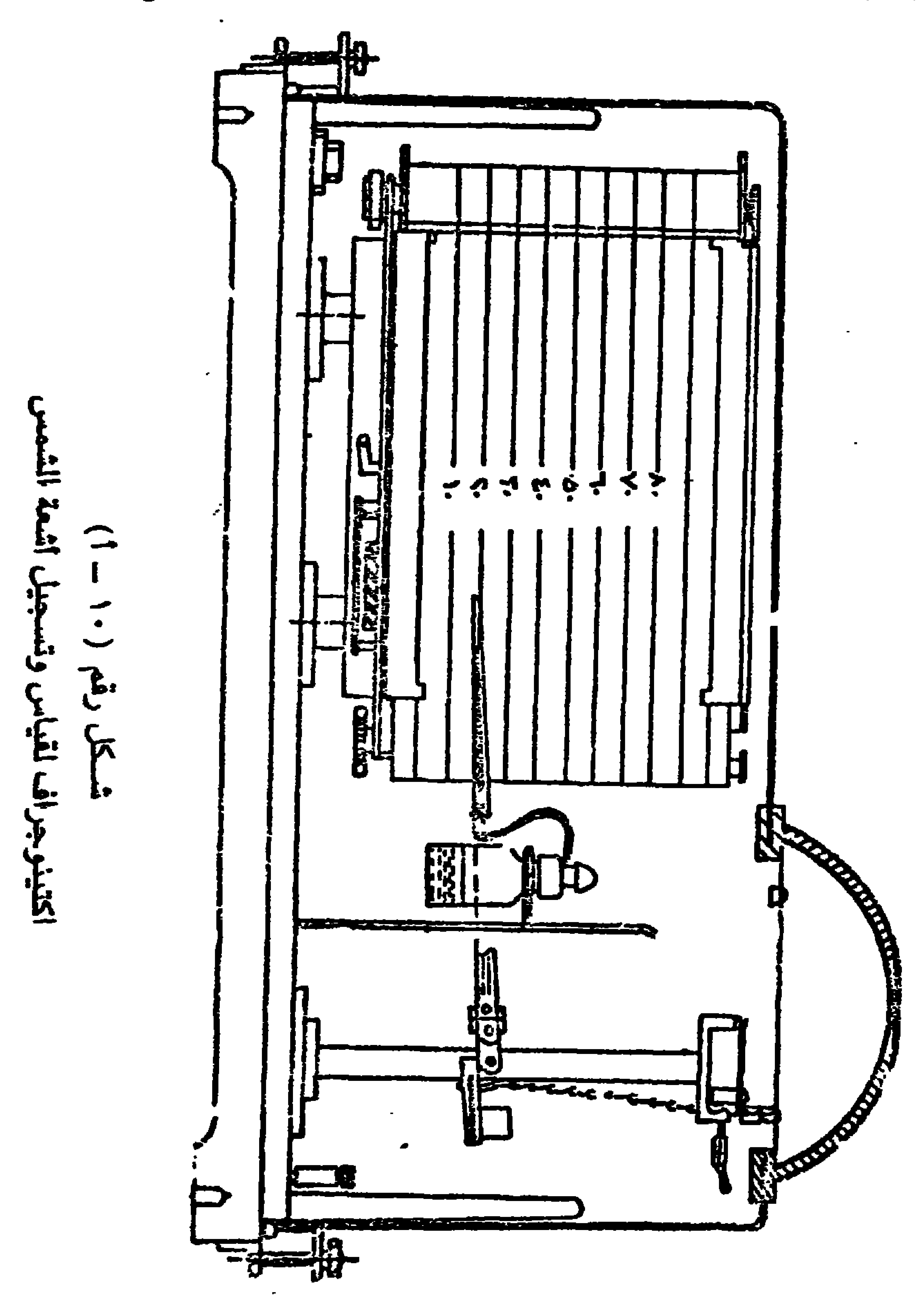


شــكل رقم (٩) جهاز جن ـ بيلانى لقياس صافى أشعة الشمس

التى تصل سطح الأرض • وتتم قراءة الجهاز يوميا ، ويقلب رأسا على عقب بعد كل قراءة كى يعود الماء الى المستودع •

جهاز أكتينوجراف لقياس وتسجيل أشعة الشمس :

وجهاز الأكتينـوجراف Actinograph يقيس ويسـجل أشـعة الشمس المباشرة والمنتشرة • ويتألف الجهاز من ثلاث قطع معدنية ، احداها مطلية باللون الأسود ، والقطعتان الأخريان باللون الأبيض الناصـع • والجهاز



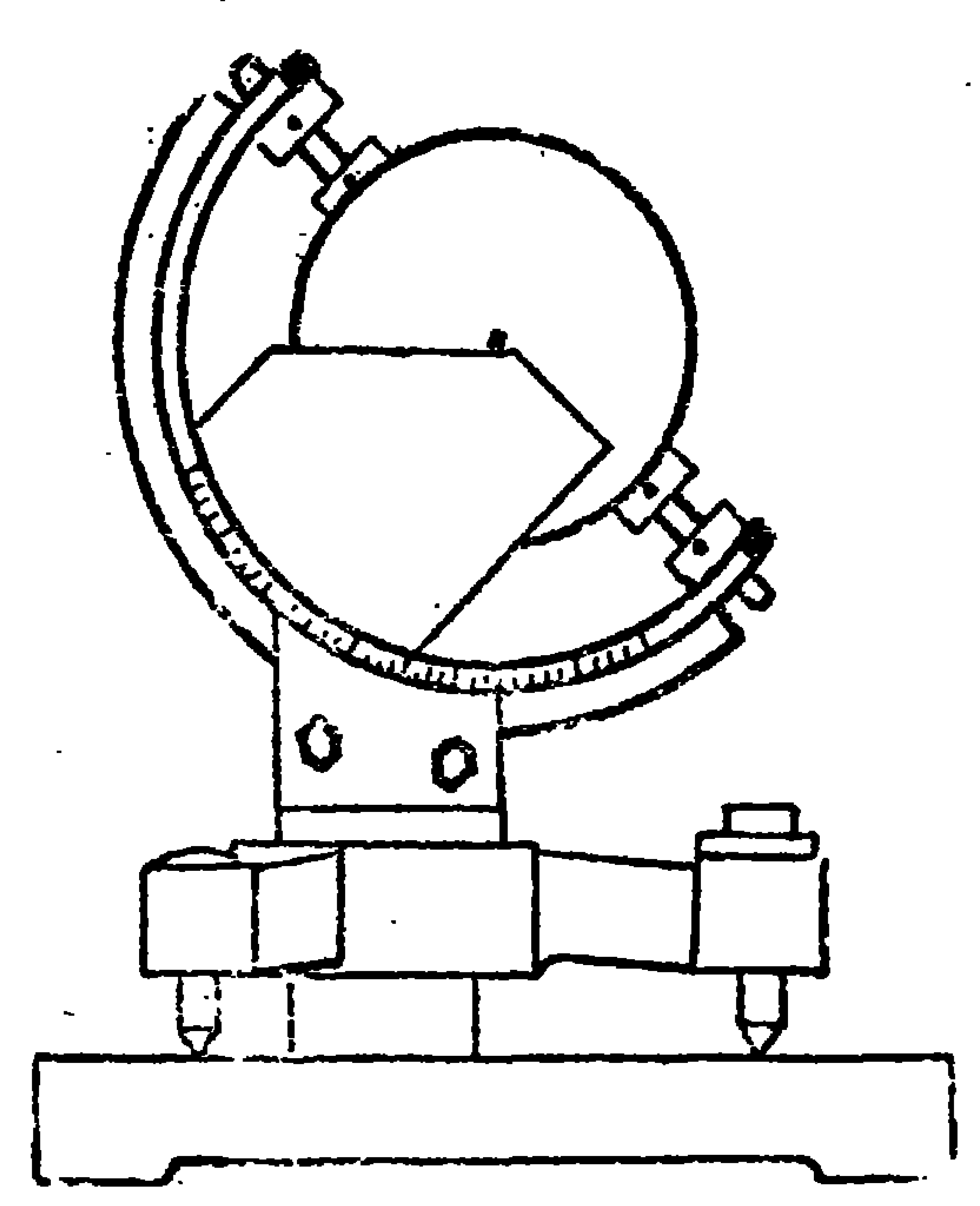
شكل رقم (١٠ - ١)
أكتينوجراف للقياس وتسجيل أشعة الشمس

موضوع داخل وعاء بللورى يقيه من الأشـعة الطويلة أرضـية وجوية ومن الرياح والأمطار . ويتصل الجهاز بريشة رسم عن طريق روافع تضخم الفرق فى التمدد بين القطعة السوداء والقطعتين الناصعتى البياض . وتقوم الريشة برسم الفروق بعد تحويلها الى ما يقابلها من الاشـعاع الشمسى على ورقة رسم بيانى مدرجة تدريجا خاصا .

جهاز كامبل وستوكس لقياس عدد ساعات سطوع الشمس :

يعتبر جهاز كامبل وستوكس أكثر اجهزة قياس عـدد ساعات سطوع الشمس استخداما . وهو يتكون من عدسة بللورية يبلغ قطرها ٢ر٩ سم . وتقوم هذه العدسة بتجميع اشعة الشمس وتركيزها على ورقة خاصة ، بحيث تحرق فيها مسارا يتفق مع مسار الشمس الساطعة . أما اذا حجبت الغيوم أشعة الشمس ، فان الـورقة لا تتاثر ، فـلا يظهر عليها مسار محتـرق . وتستخدم لذلك ثلاثة أنواع من الأوراق تناسب فصول السنة . ورقة مستقيمة تناسب فصلى الربيع والخريف ، وورقة طويلة ومحدبة تصلح لفصل الصيف ، وورقة قصيرة ومقعرة تناسب فصل الشتاء .

وتستخدم فى تقدير الاشعـاع الشمسى من معرفة عدد ساعـات سطوع الشمس معادلة احصائية تسمى معادلة أنجستروم Angstrom .



شـكل رقم (١٠ ـ ب)
جهاز كامبل وستوكس لقياس عدد ساعات سطوع الشمس

العوامل المؤثرة فيما يمتصه وما يعكسه سطح الأرض من اشعاع :

يمتص سطح الارض قسما من الاشعاع الشمسى الذى يصله ، ويعكس القسم الباقى . ويختلف مقدار ما تمتصه ، ومقدار ما تعكسه أجزاء سطح الأرض المختلفة على عدة عوامل ، بعضها يختص بنوعية استخدام وأشكال السطح وألوانه ، وبعضها الآخر يتوقف على نوعية التربة ورطوبتها وما ينمو فيها من نبات من حيث نوعيته وكثافته ، ثم أخيرا مقادير زوايا سقوط الاشعاع الشمسى فى مختلف المناطق ، وطول مدة اشراق الشمس أو طول الليل والنهار ، وصفاء الجو ونسبة التغيم . ويمكن القول بصفة عامة أن معامل انعكاس اشعة الشمس من سطح الأرض يقدر بنحو ٨٪ .

وقد تمكن العلماء من تقدير معامل انعكاس الاشعاع الشمسى من سطح الأرض ومن الغلاف الجوى (غازات ومواد عالقة وبخار ماء وغيوم) معا بنحو ٣٥٪ ، وذلك عن طريق أجهزة الرصد الحديثة ، التى تحملها الاقمار الصناعية التى تدور على ارتفاعات تقع خارج نطاق الغلاف الجوى . كما استطاعوا عن طريق تلك الأجهزة معرفة التباين الاقليمى فى مقادير انعكاس الاشعاع الشمسى بين مختلف المناطق الحرارية ، استوائية ومدارية ، ومعتدلة وباردة ، وقطبية .

أولا ـ أشكال وألوان سطح الأرض :

يؤثر اختلاف تضرس سطح الأرض وامتداد السلاسل الجبلية ، وما يكتنف السطح عموما من ارتفاع وانخفاض واستواء ، على ما يمتصه السطح من اشعاع شمسى ، فلاشك أن معامل انعكاس الأشعة فى المناطق السهلية المنبسطة يفوق معامل الانعكاس من الجبال والهضاب والأراضى الخشنة الوعرة .

وكما يؤثر اختلاف درجة تضرس سطح الأرض فيما يصيبها من اشعاع، فان لامتداد الجبال اتجاهاتها ، ومواقع المنحدرات وتوجهاتها لها نفس الاثر خاصة فى المناطق المعتدلة والباردة اى فى العروض الوسطى والعليا . ففى المناطق المعتدلة والباردة فى النصف الشمالى من الكرة الارضية ، تكون السفوح الجنوبية معرضة لأشعة الشمس المباشرة ولمدة أطول منها على المنحدرات الشمالية الواقعة فى الظل ، فلا تصلها إلا أشعة منتشرة أو منكسرة ولمدة أقصر .

ولدرجة انحدار السفوح اهميتها فى مقدار زاوية سقوط الاشعاع الشمسى ، فلقد يكون السطح مقابلا بشكل مباشر لأشعة الشمس بحيث تسقط

عليه عمودية ، ومن ثم يكون تأثيرها كبيرا · ولهذا وذاك فان الانسان قد اختار مواقع حلاته العمرانية على السفوح الجنوبية للجبال التى تتمتع بقدر كبير من الاشعاع الشمسى ، ومن ثم يطول فصل الانبات الذى خلاله ترتفع حرارة التربة والجو · وهذا ما نجده على السفوح الجنوبية لمرتفعات الألب ، مثل ألب فاليس ، وانجادين ، واقليم تشينو وهو القسم من سويسرا الذى يتكلم ساكنوه اللغة الايطالية ·

واذا ما تساوت أو تماثلت الأراضى فى أشكال سطحها وطبيعة تضرسها ، فان ما تمتصه أو ما تعكسه من اشعاع شمسى يتوقف حينئذ على ألوان أسطحها · فاذا كان لون سطح الأرض فاتحا كالأراضى التى تتركب من صخور نارية حامضية فاتحة اللون أو من صخور جيرية بيضاء ، أو تتغطى برمال كوارتيزية أو طباشيرية ، فانها تعكس قسما كبيرا من الاشعاع الشمسى ، ولولا تغطية الصحارى المدارية برمال فاتحة اللون تعكس نحو ٣٠٪ من أشعة الشمس التى تصلها ، لارتفعت حرارتها صيفا بالقدر الذى لا يتحمله الأحياء · أما الأسطح التى تتكون من صخور قاعدية سوداء أو داكنة أو تغطيها فتات تلك الصخور فانها تمتص كامل الاشعاع الشمسى أو معظمه ، كما وتعكس الأراضى المغطاة بالجليد أشعة الشمس الساقطة على سطحه ·

ثانيا ـ زاوية سقوط الأشعة الشمسية :

وهنا يظهر أثر الرواسب المكشوفة والأسطح المصقولة والتربات الجافة فى كثرة ما تعكسه من أشعة الشمس ، أما الرواسب السطحية المبللة والتربات الرطبة فانها تمتص من الاشاع الشمسى الكثير ولا تعكس سوى القليل ·

أما اذا كانت الاراضى مغطاة بالنباتات الطبيعية أو المزروعة ، فان مقدار ما تمتصه أو تعكسه من الاشعاع الشمسى يتوقف على مدى كثافة ذلك الغطاء النباتى أو الزراعى ، وما اذا كانت تشغل الأراضى حشائش ومحاصيل حبوب ، أو تستخدمها أشجار خشبية ومثمرة ، ومدى تقارب الأشجار من بعضها · ولذلك فان نسبة سطح التربة المعرض للاشعاع الشمسى المباشر يختلف من مكان لآخر تبعا لذلك · أضف الى ذلك أن مرحلة نمو النبات تؤثر على نسبة تغطيته لسطح الأرض ، فانخفاض نسبة الرطوبة فى أوراق المزروعات وهى فى طور النضج يجعل معامل انعكاس الأشعة أكبر منه فى الحقول ذات المحاصيل المورقة الخضراء الغنية بالرطوبة ، كما أن الخصائص الفسيولوجية لأنواع المحاصيل المختلفة تتدخل فى مقدرتها على امتصاص الأشعة وعكسها ·

وفى مناطق العمران يختلف مقدار ما تمتصه أو تعكسه أسطح المنازل

سواء فى الريف أو فى المدن على مادة طلائها ، وكذلك الحال بالنسبة للطرق والملاعب وغيرها من انماط استخدام الأرض العمرانى ٠

وفيما يلى أمثلة لأسطح مختارة ومعامل انعكاس الاشعاع الشمسى لكل منهـــا :

ثلـــــوج	٥٠ ـ ٩٥٪	سافنا فى فصلى الجفاف والرطوبة	١٥ ـ ٣٠٪
كثبان رملية	٢٠ ـ ٤٥٪	غابات صنوبرية ونفضـــية	٥ ـ ٢٠٪
تربات سواء	٥ ـ ١٥٪	تنـــــدرا	١٥ ـ ٢٠٪
تربات فاتحة	١٠ ـ ٢٠٪	محاصيل زراعية	١٥ ـ ٢٥٪

ثالثا ـ زاوية سقوط الأشعة الشمسية :

يختلف مدى ما يمتصه سطح الأرض من اشعاع ومقدار ما يعكسه منه باختلاف زاوية سقوط الشمس ، فكلما كانت الزاوية قريبة من القائمة كلما قل الانعكاس وعظم الامتصاص ، ولهـذا فان الانعكاس يقل والامتصـاص يكثر فى الجهات الاستوائية والمدارية وفى وسط النهار ، بينما يزداد انعكاس ويقل الامتصاص فى المنـاطق المعتدلة والباردة ، أى بالابتعـاد عن دائرة الاستواء والاقتراب من القطبين وكذلك فى ساعات الصباح والمساء من النهار٠ وهناك اختلاف فصلى فى مقدار الامتصاص والانعكاس فى المناطق المعتدلة والباردة ، تبعا للتباين فى زوايا سقوط الاشعاع الشمسى صيفا وشتاء ، بينما يقل الاختلاف الفصلى فى المناطق المدارية والاستوائية ٠

وفيما يلى أمثلة لدوائر العرض ومقدار انعكاس الاشعاع الشمسى حول كل منهـا :

دائرة الاستواء ـ ٢٠° شمالا	٨ ـ ٩ ٪
٢٠° ـ ٤٠° شمالا	١٠٪
٤٠° ـ ٦٠° شمالا	١٢ ـ ١٤٪
٦٠° ـ ٧٠° شمالا	٢٤٪
٧٠° ـ ٨٠° شمالا	٤٦٪
٨٠° ـ ٩٠° شمالا	٦١٪

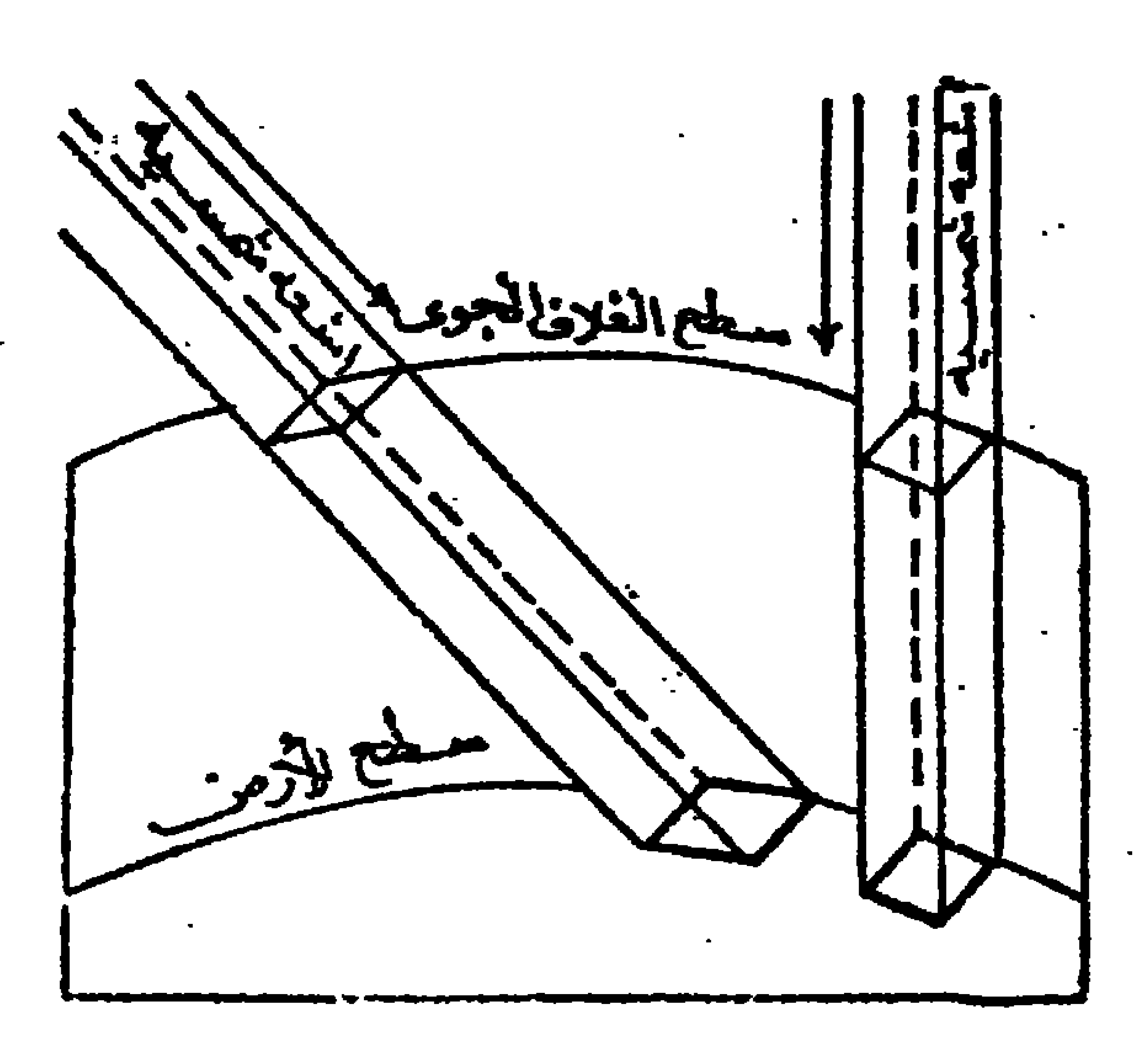
ولاشك أن ما يمتصه سطح الأرض من الاشعاع الشمسى العمودى كثير ، لانه أقوى واشد تركيزا من الاشعاع المائل ، وذلك لسببين :

١ ـ الأشعة العمودية تخترق مسـافة أقصر أو سمكا أقل من الغلاف

للغازى ، وهى لهذا اقل عرضة للضياع عن طريق الامتصاص والانعكاس والانتشار بواسطة غازات الجو وبخار الماء والسحب والمواد العالقة ٠

٢ – تتوزع الأشعة العمودية على مساحة أصغر من سطح الأرض ، فتكون أقوى وأشد تركيزا من الأشعة المائلة التى تنتشر فوق مساحة أكبر من سطح الارض ٠

ولهذا يتباين مقدار الاشعاع الشمسى على مختلف دوائر العرض ، وفى مختلف الفصول ٠ وبصفة عامة فان شدة الاشعاع الشمسى على المناطق المدارية تكون أعظم منها فى المناطق المعتدلة والباردة ، لأن الاشعاع يصل النطاق المدارى عموديا أو قريبا من العمودى فى مختلف فصول السنة ٠



شكل رقم (١١)
الأشعة الشمسية العمودية (تتوزع على مساحة صغيرة)
الأشعة الشمسية المائلة (تتوزع على مساخة كبيرة)

رابعا – طول مدة اشراق الشمس :

ونقصد بذلك طول النهار الذى يتغير تبعا للفصول ، وبحسب الموقع بالنسبة لدوائر العرض ٠ وأهمية هذا العامل محدودة بالنسبة للنطاقات الاستوائية والمدارية لأن طول النهار لايختلف فيها كثيرا بين النصف الصيفى والنصف الشتوى من السنة ٠ وبالابتعاد عن تلك النطاقات شمالا وجنوبا باتجاه القطبين يزداد الفرق بين طول النهار والليل ٠ ويعوض طول النهار صيفا ضعف الاشعاع الشمسى المائل فى العروض المعتدلة والباردة ، ولهذا

نجد الحرارة فى داخلية القارات صيفا مرتفعة ، بينما تنخفض انخفاضا كبيرا أثناء النهار القصير ذى الأشعة الضعيفة المائلة .

ويعظم المد الحرارى السنوى واليومى للاشعاع الشمسى فى العروض المتوسطة والعليا ، بسبب التباين الكبير فى زوايا سقوط الأشعة الشمسية . بينما يكون المدى الاشعاعى السنوى فى العروض الدنيا صغيرا بسبب تعامد الشمس أو قرب تعامدها عليها معظم أوقات السنة .

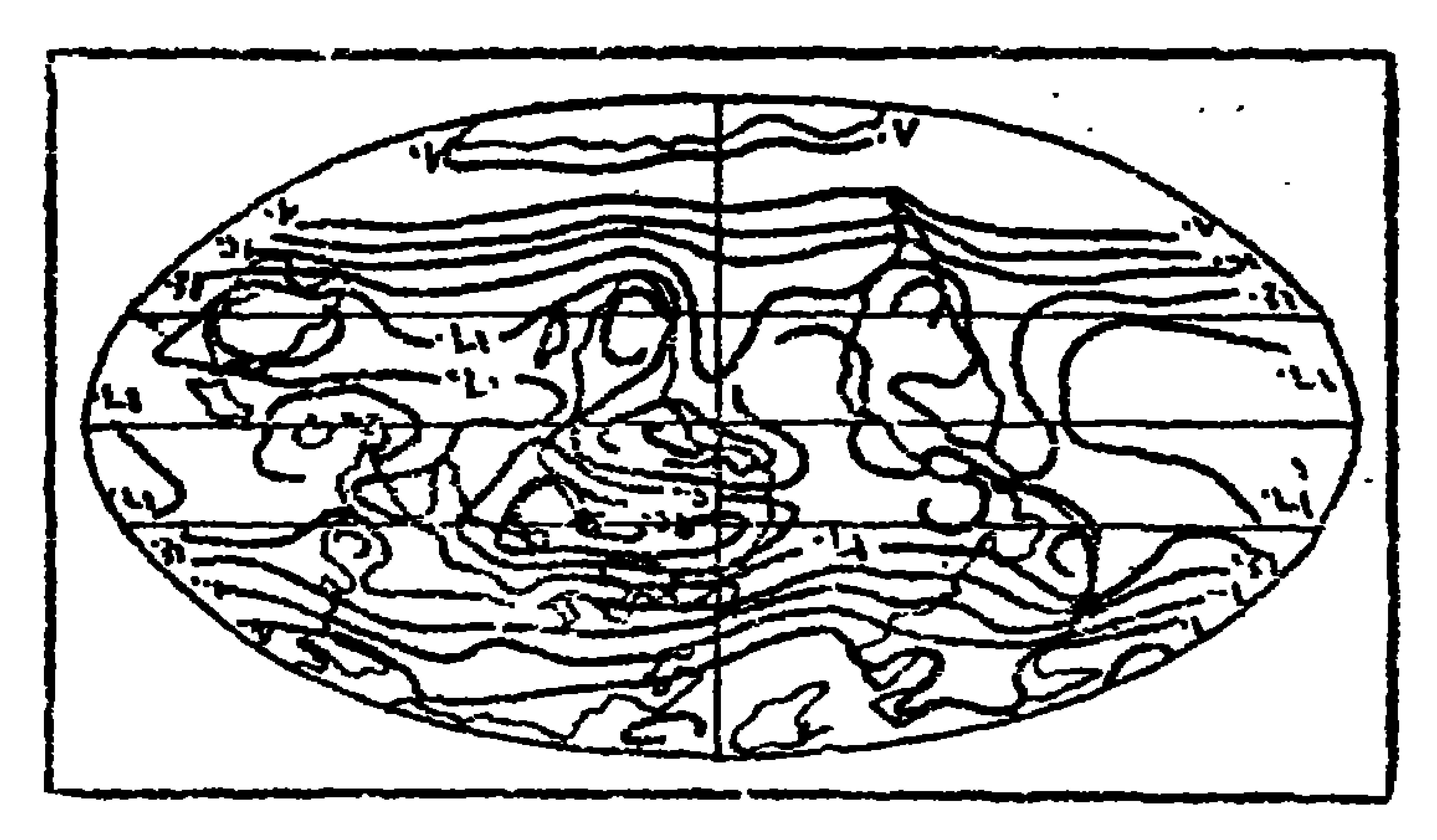
وتؤثر زاوية سقوط الشمس على ما تكتسبه الأرض من اشعاع شمسى أثناء النهار سواء كان طويلا أو قصيرا . فللاشعاع الشمسى دورة يومية ، كما أن له دورة فصلية . ففى الصباح تكون أشعة الشمس مائلة ، ثم تأخذ فى الارتفاع التدريجى حتى تبلغ الأوج عند الظهر ، ثم تشرع فى الميل تجاه المساء حتى تغيب أسفل الأفق . وقد تبين أن مسار أشعة الشمس فى الغلاف الجوى عند الشروق وعند الغروب يبلغ ٩٠ر١ مثلا لمسارها عند الظهر .

خامسا : صفاء الغلاف الجوى :

لاشك أن صفاء الغلاف الجوى وخلوه من العوالق يسمح لأكبر كمية من الاشعاع الشمسى للوصول الى سطح الأرض . وتتناقص درجة توصيل الغلاف الجوى للاشعاع الشمسى بالقدر الذى يحتويه الجو من المواد العالقة ولا سيما بخار الماء الذى يمتص قسما كبيرا من الأشعة الحرارية غير المرئية ، وهى الأشعة تحت الحمراء أثناء رحلة الاشعاع الشمسى خلال الهواء الى الأرض. علاوة على تكوينه لغطاء من السحب يعكس جانبا من أشعة الشمس ، ويمتص جانبا آخر تصل نسبته الى ٩٪ . ولهذا فان أكثر جهات العالم سحبا هى أقلها تمتعا بالاشعاع الشمسى مقارنة بمثيلاتها على نفس العروض. وتتميز المناطق المدارية بتلقى قدر من الاشعاع الشمسى يفوق القدر الذى يصيب الجهات الاستوائية ، وذلك لصفاء سمائها ، وسطوع شمسها ، بينما تكثر الغيوم فى النطاق الاستوائى .

ولا يصل سوى القليل من أشعة الشمس الى المناطق التى تزخر أجواؤها بالدخان ، مثل ما فى المناطق الصناعية الكبرى كاقليم الرور الألمانى ، واقليم لندن ، ومانشيستر ، وطوكيو ، ونطاق البحيرات العظمى ونيويورك . وفوق تلك المناطق ذات المصانع بمداخنها المتلاصقة التى تطلق سحبا من الدخان يسبب ما يسمى «الضباب الدخانى» Smog وهو ضباب كثيف يرتبط تكاثفه بظهور حالة انقلاب حرارى يصحبها ركود فى الرياح واستقرار فى الجو ، فيظل رابضا فوق تلك المناطق مدة طويلة ،

فيؤثر فى صحة السكان ، ويسبب لهم ضيقا فى التنفس ، وقد يذهب ضحيته بعض النـاس .



شكل رقم (١٢) التوزيع الجغرافى للاشعاع الشمسى (كيلولينلى/سنة)

توزيع الاشعاع الشمسى على سطح الارض :

يعتمد التوزيع الجغرافى للاشعاع الشمسى على مواقع المكـان بالنسبة لدوائر العرض ، وذلك بحسب اختـلاف طول النهـار ، ودرجة ميل أشعة الشمس من دائرة عرض لأخرى . **ويمكن ايجاز هـذا التوزيـع على مدار السنة وفقا للمنحنيات البيانية الموضحة بالشكل فى النقاط التالية :**

١ ـ المنحنى البيانى للاشعـاع الشمسى فى النطاق الاستوائى يبـدو مستقيما باستثناء قمتين ضحلتين تمثلان شدة الاشعاع الشمسى المتواضعة فى فصلى الاعتدال وهما الربيع والخريف ، يقابلهما حوضان أو غوران ضحلان أيضا يتفقان مع فصلى الانقلاب وهما الصيف والشتاء .

ويعزى هذا الاختلاف البسيط فى مقـدار الاشعاع الشمسى عنـد دائرة الاستواء على مدار السنة الى ثبات تساوى طول النهار ، فهو يحوم حول ١٢ ساعة بصفة مستمرة ، اضافة الى سقوط الاشعاع الشمسى طوال السنة عموديا أو قريبا من الوضع العمودى على النطاق الاستوائى .

٢ ـ يزداد التباين فى توزيع الاشعاع الشمسى على مدار السنة وضوحا كلما اتجهنا صوب القطبين ، حتى اذا وصلنا الى نقطة القطب الشمالى فى الصيف الشمالى ، رأينا الاشعاع الشمسى مستمرا لمدة ستة أشهر ، وبالمثل حين نبلغ نقطة القطب الجنوبى فى الصـيف الجنوبى ، وجدنا الاشـعاع الشمسى مستمرا لفترة ستة الأشهر الأخرى من السنة .

٣ ـ رغم امكانية اشراق الشمس فى كـلا القطبين بالتناوب ستة أشهر كاملة ، فان الاشعاع الشمسى يكون ضعيفا لشدة ميله ، ويضيع قسم عظيم منه بالانعكاس على سطح الجليد ، كما يضيع القسم المتبقى فى صهر الجليد ، فلا ترتفع حرارة الجو فى المنطقتين القطبيتين الا قليلا ، ناهيك عن العواصف الثلجية التى تنسف القسم الأعظم من صيف القطبين فى كثير من الأحايين ٠

الاشـــعاع الأرضى :

ينطلق الاشعاع الشمسى فى الفضاء بهيئة موجات مختلفة الطول بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية ، ومن ثم فان أشعة الشمس تصل الى سطح الأرض عقب شروق الشمس بفترة تتراوح بين ٦ ـ ٨ دقائق حسب بعد الشمس عن الأرض فى مختلف الفصول ٠ وتبعا لقانون ستيفان ـ بولتزمان Stefan-Boltzman Law يمكن تقدير ما يشعه سطح الشمس من طاقة ٠ وينص القانون على أن الطاقة التى يشعها الجسم الأسود(١) تتناسب طرديا مع القوة الرابعة لدرجة حرارة ذلك الجسم المطلقة(٢) ٠

ف = ث ح٤

حيث ان ف هى طاقة الاشعاع لجسم أسود(٣) ٠

ث تمثل ثابتا يعرف بثابت ستيفان ـ بولتزمان ويساوى

١٧ر٨ × ١٠^١١ سعر/سم/ثانية ٠

ح تمثل درجة الحرارة المطلقة للسطح المشع ٠

ويترتب على امتصاص سطح الأرض (بحسبانه جسما) أشعة الشمس أن يسخن ، ويصبح بالتالى جسما مشعا ٠ وبحسب قانون ستيفان ـ بولتزمان

---

(١) الجسم الأسود تعبير فيزيائى للأجسام التى تمتص جميع الاشعاع الشمسى الذى يصل اليه ولا يعكس منه شيئا ٠ ويشبه سطح الشمس بجسم أسود ، وسطح الأرض بجسم رمادى اللون يعكس قسـما من أشعة الشمس الذى يصله ٠

(٢) يستخدم النطـاق المطلق لدرجة الحرارة فى المعـادلات الخاصة بالغلاف الجوى ٠ وهو يختلف عن النظام المئوى فى أن درجة تجمد الماء هى ٢٧٣° مطلقة ، ودرجة غليان الماء هى ٣٧٣° مطلقة ٠

(٣) طاقة الاشعاع Emissive Power لأى جسم تعرف بأنها «الطاقة التى يشعها السنتيمتر المربع الواحد من سطح ذلك الجسم فى الدقيقة الواحدة» ، أى سعر حرارى/سم مربع/دقيقة وهى تساوى طاقة الامتصاص لذات الجسم٠

بعد تعديله ، يتناسب معدل الاشعاع من سطح الارض مـع درجة حرارته المطلقة مرفوعة الى القوة الرابعة :

ف = ش × ث × ح٤ ·

حيث ان ش تمثل اشعاعية سطح الأرض الذى يمثل فى مميزاته الاشعاعية جسما رماديا ، يختلف عن اشعاعية الجسم الأسود ، واشعاعية سطح الأرض تساوى طاقة امتصـاص سطح الأرض ، أى تساوى ١ ـ معـامل انعكاس أشعة الشـمس من سطح الأرض · ومـادام معـدل درجة حرارة سـطح الأرض هى ١٥°م ، كمـا قدمنـا ، فان معـدل الاشعاع الأرضى يسـاوى ٥٣ر٠ سعر/سم/دقيقة ·

ويتالف الاشعاع الأرضى من أشعة حرارية غير مرئية ذات موجات طويلة يتراوح طولها بين ٥ ـ ٥٠ مايكرون ، لكن معظمها ينحصر بين ٨ ـ ١٣ مايكرون ، وتبعا لذلك فهو أطول من موجات الاشعاع الشمسى بنحو ٢٠ مرة · ويتميز الاشعاع الأرضى عن الاشعاع الشمسى بحـدوثه طوال اليوم ، نهارا وليلا ، بينما يقتصر حـدوث الاشعاع الشمسى على النهـار من شروق الشمس حتى غروبها · والاشعاع الأرضى أقوى نهارا منه ليلا ، لأن درجة حرارة سطح الأرض نهارا تكون أعلا منها ليلا · ويرتفع الاشعـاع الأرضى بالتدريج عقب شرورق الشمس ، ويبلغ الأوج بعد وقت الزوال بقليل ، أى عقب تعامد الشمس على خط طول المكان وهو وقت أذان الظهر ، ثم يأخذ فى النقصان هو والاشعاع الشمسى ، لكن بينما ينتهى الاشعاع تماما بغروب الشمس ، ويسـتمر الاشعاع الأرضى ليبلغ أدنـاه قبيل شروق شمس اليوم التـــالى ·

والاشعاع الأرضى هو المهم فى الدراسات المناخية ، لأنه المصـدر المباشر لما يكتسبه الجو المحيط بالأرض من حرارة ·

وقد تبين من مختلف الأبحاث وباستخدام قانون ستيفان ـ بولتزمان أن الأرض تشع مقدارا من الحرارة يفوق ما تمتصه · فسطح الأرض يشع كما سبق وذكرنا ٥٣ر٠ سعر/سم٢/دقيقة ، رغم أنه يمتص ، كما قدمنا ، بمعدل ٢٥ر٠ سعر/سم٢/دقيقة · معنى ذلك أن سطح الأرض يزداد برودة يوما بعد يوم ، وهذا مخالف للواقع · والفضـل فى احتفاظ سطح الأرض بحرارة مناسبة يعود للغلاف الجوى الذى لا ينفذ الاشعاع الأرضى كله ، وانما يمتص قسما كبيرا يبلغ ٣٣ر٠ سعر/سم٢/دقيقة ، ويسمح بنفاذ جزء لا يزيد على ٢ر٠ سعر/سم٢/دقيقة الى الفضاء الخارجى ·

ويشبه الدور الذى يقوم به الغلاف الجوى فى حفظ قسم كبير من الاشعاع الأرضى ، ومنعه من النفاذ والضياع فى الفضاء ، ما تقوم به الصوب أو الصوبات الزراعية ، التى تسمح لأشعة الشمس القصيرة الموجات بالنفاذ الى داخلها ، ولكنها تمنع خروج الأشعة الأرضية الطويلة الموجات من الخروج ، وتبعا لذلك ترتفع درجة الحرارة بداخلها ، فتصير مناسبة لنمو ونضج الخضر والفواكه .

ولا شك فى أن قسما كبيرا مما يمتصه الغلاف الجوى من اشعاع أرضى واشعاع شمسى أيضا يعود فيشعه تجاه سطح الأرض مرة أخرى . وهذا ما يسمى بالاشعاع الجوى الذى تتباين شدته تبعا لتباين درجة حرارة الجو ونسبة بخار الماء فيه ودرجة تغيم السماء .

ويأتى بخار الماء وثانى أكسيد الكربون فى مقدمة محتوى الغلاف الجوى من عوائق وغازات فى القدرة على امتصاص الاشعاع الطويل الموجات . فالاول يمتص الاشعة ذات الموجات فيما بين ٤ ــ ٥ر٤ مايكرون و ١١ ــ ٣٠ ميكرونا ، بينما الثانى يمتص الأشعة فيما بين ٥ ــ ١٢ ميكرونا . ولهذا فان كل الاشعاع الأرضى الذى تدخل موجاته ضمن الأصول المشار اليها يمتص بواسطة بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وبعض الغازات . ولا ينفذ من خلال الغلاف الجوى ويصل الى الفضاء الا الاشعاع الأرضى الذى تتراوح أطوال موجاته بين ٥ر٨ ــ ١١ مايكرونا . ويسمى هذا المنفذ فى الطيف الاشعاعى الأرضى Radiation Spectrum باسم نافذة الجو Atmospheric Window وبواسطة هذه النوافذ الجوية تتمكن الاقمار الصناعية ومراكب الفضاء تصوير سطح الأرض .

وتبلغ طاقة اشعاع بخار الماء التى تزيد نحو سطح الأرض ما بين ٥٠ ــ ٦٠٪ من جملة طاقات الاشعاع التى تصل سطح الأرض من الجو ، يليها طاقة ثانى أكسيد الكربون بنسبة حول ٢٠٪ ، ثم الغازات الأخرى من ٢٠ ــ ٣٠٪ .

وتزداد مقدرة بخار الماء على امتصاص الاشعاع الأرضى ، ومن ثم رده فيما بعد الى الأرض فلا يضيع منه سوى القليل ، حين تعظم نسبته فى الجو ، خصوصا فى الطبقة السفلى منه القريبة من سطح الأرض . والى كثرة بخار الماء فى الجو السفلى بالنطاق الاستوائى والمناطق المدارية الرطبة يعزى صغر المدى الحرارى اليومى الذى لا يزيد على ٨°م ، بينما يبلغ ٣ ــ ٤ أمثال هذا الفرق فى الجهات الصحراوية الداخلية الجافة .

الألبيدو الأرضى والميزانية الاشعاعية :

يعرف الألبيدو الأرضى Earth's Albedo بانه قدرة سطح وجو الأرض على عكس ورد الاشعاع الشمسى الى الفضاء وهو يساوى النسبة بين مجموع الطاقة الاشعاعية التى يردهـا سطح وجـو الأرض الى الفضاء والطـاقة الاشعاعية التى تصلهما من الشمس ۰ وقد سبق ذكر مقدرة كل من غازات الجو وما به من بخار ماء ومواد عالقة وسطح الأرض على عكس وامتصاص ثم اشعاع ما امتصه ورده ۰ **وجملة هذه القدرات جميعا يعبر عنها بالالبيدو الارضى** ۰ ومن الواضح أن لكل منها ألبيدو خاصا بها ۰

ويرجع التوازن الاشعاعى فى جو الأرض على مر العصور وكر السنين **الى أن الطاقة التى تكتسبها الأرض وجو الأرض من الاشعاع الشمسى ترد الى الفضاء ثانية فى هيئة اشعاعات حرارية** ۰ معنى ذلك أن تتساوى كمية الأشعة التى تدخل جو الأرض كل سنة وكمية الأشعة التى تنفـذ من خلاله وتتبدد فى الفضاء ۰ ولولا ذلك لما قامت حياة على سطح الأرض ۰ فاذا فرض وزاد مقدار الاشعاع الشمسى الذى تكتسبه الأرض وجوها عن المقدار الذى تشعانه الى الفضاء ، أى أن يكون الميزان الاشعاعى موجبا لصالح الأرض وجوها عاما بعد عام ، اذن لتراكمت الطاقة الحرارية وأصبح جو الأرض وسطحها جحيما لا يطاق ، ولا يصلح لأى نوع من الحياة ۰ والعكس صحيح تماما ، **فلو حدث وفقدت الأرض من الطاقة الاشعاعية أكثر مما تكسبه منها ، وكانت الميزانية الاشعاعية بالنسبة لها سالبة،اذن لبرد سطح الأرض وجوها، ودخل العالم فى عصر جليدى** ۰

وعلى هذا النحو يجرى التفسير العام لحدوث أعصر الجليد فى الماضى الجيولوجى السحيق ، وفى أثناء الزمن الجيولوجى الرابع ۰ فقد كان فى نصيب ميزانية الاشعاع خلل لسبب أو لآخر ، أسـاسه نقص فيما يرد الى الأرض وجوها من اشعاع شمسى ، فيبرد جو الأرض بالتـدريج ، ويصير معظم التكاثف والتسـاقط على هيئة ثلج ، ويتراكم على سطح الأرض فى شكل جليد ، وبالتالى يدخل العالم عصرا جليديا ، لا ينتهى الا مع بداية عودة الميزانية الاشعاعية الى التوازن من جديد ۰

توزيع الاشعاع الشمسى الذى يدخل جو الأرض :

يتوزع الاشعاع الشمسى الذى يدخل جو الأرض على النحو التالى :

١ ـ يعكس سطح السحب الى الفضاء نحو ٢٤٪ من أشعة الشمس ۰

٢ ـ غازات الجو والمواد العالقة به تنتشر نحو ٦٪ من جملة الاشعاع الشمسى ٠

٣ ـ تمتص السحب حوالى ٣٪ ، وتمتص غازات الجو خاصة ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء حوالى ١٤٪ ٠

٤ ـ يصل سطح الأرض ٥٣٪ من أشعة الشمس ، منها ٣١٪ بشكل مباشر ، وحوالى ٢٢٪ فى هيئة أشعة منتشرة ٠ ويعكس سطح الأرض من أشعة الشمس ٦٪ ، ويمتص حوالى ٤٧٪ منها ٠

وسائل تخلص سطح الأرض من الاشعاع :

يرد سطح الأرض ما اكتسبه وامتصه من الاشعاع الشمسى بوسائل متعددة هى :

١ـ عن طريق الاشعاع الارضى الدائم ليلا ونهارا ، ويقدر بنحو ٢٠٪ من أشعة الشمس ٠

٢ ـ عن طريق التبخر ، وتقدر نسبة الفاقد بالتبخر من سطح الارض بحوالى ٢٢٪ من الاشعاع الشمسى ٠



الفصل الرابع

حـــرارة الجـــــو

- مصـــــــادرها .
- قياس وتسجيل درجات الحرارة .
- كشك الارصاد الجوية .
- أجهزة رصد الحرارة ، وكيفية استعمالها .
- كيفية حساب المتوسطات الحرارية والمدى الحرارى .
- المسار السنوى لدرجات الحرارة .
- التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليـومى والسنوى والعـوامل المتحكمة فيها .
- الانحراف الحرارى أو الشذوذ الحرارى والعوامل الجغرافية المؤثرة فيـــه .
- وسائل اكتساب ونشر الحرارة بالغلاف الجوى .
- خطــوط الحرارة المتساوية ، مزايــاها وعيوبها ، خرائط توزيعها صيفا وشتــاء .
- المناطق الحرارية العامة .
- العوامل المؤثرة فى توزيع الحرارة على سطح الأرض .
- التغير الرأسى فى درجات الحرارة .
- الانقلاب الحرارى .



مصـدر حـرارة الجـو :

تعتبر درجة الحرارة أهم عنصر من عناصر المناخ ، نظرا لانهـا تؤثر على بقية العناصر المناخية من ضغط جوى ورياح وتبخر ورطوبة وتكاثف بمختلف أشكـاله • وللحرارة آثار واضحة ومبـاشرة على جياة الانسـان والحيوان والنبات ، وعليها تتوقف تجوية الصخور ميكانيكيا وكيميائيا ، وتكوين قطاع التربة •

وترجع حرارة الجو أصلا ، كما قدمنا ، الى الشمس التى ترسل أشعتها حاملة الضوء والحرارة فى وقت واحد الى الأرض ، وتكون هـذه الأشعة عمودية على النطـاق الاستوائى ، ومـائلة على دوائر العـرض الأخرى بدرجات متفاوتة ، ويزداد ميلها كلما اقتربنا من القطبين • وهـذا الميل يضعف أثرها الحرارى ، لأنها تخترق طبقة أكثر سمكا من الغلاف الجوى ، كما أنها تنتشر على مساحة أكبر من سطح الأرض •

بالاضافة الى حرارة الشمس ، فان جوف الأرض الحار يشع الى السطح حرارة تتمثل فى أشعة قاتمة تدعى «الاشعاع الحرارى الجوفى» ، لكن تاثير هذا الاشعاع ضعيف جدا بالنسـبة للاشعاع الشمسى ، وهـو يعطى حرارة ضئيلة ولا يعطى ضوء •

قيـاس وتسـجيل درجة الحرارة

كشك الأرصـاد الجـوية :

هو صندوق خشبى ، يطلى بدهان أبيض اللون ، يوضع فى مكان خال جيد التهوية ، وعادة ما يوضع فوق سطح المبنى ، والصندوق يوفر الظل بطبيعة الحال للأجهزة الموجودة بداخله ، خاصة أجهزة قياس الحرارة التى تقيس حرارة الجو فى الظل ، وبالتالى يحميها من تاثير الاشعاع الشمسى المباشر • ويوضع الكشك مواجها للشمال ، وعلى ارتفاع يتزاوح بين ٥ر١ ــ ٢ متر ، حتى يكون القيـاس لدرجة حرارة الجو ، وليس السـطح الأرض والهواء الملامس له (شكل رقم ٥ ، صفحة ٧٥) •

أجهـــزة رصـــد الحـــرارة

موازين الحرارة او الترمومترات :

تقاس درجة الحرارة عن طريق قياس درجة الحرارة العادية ، وقياس أعلى وأدنى درجة للحرارة ٠

ويتم القياس بواسطة الترمومتر :

وهو عبارة عن أنبوب رفيع من الزجاج مدرج ، فى نهايته مستودع مملوء بالزئبق الذى يتمدد وينكمش ، فيتغير بين ارتفاع وانخفـاض فى الأنبـوب ، تبعـا لارتفاع وانخفاض درجة الحرارة ٠

وهناك انواع من الترمومترات نذكر منهـــا :

النوع الأول : وهو الترمومتر المئوى الذى اخترعـه العالم السويـدى أندرس سيلسيوس Anders Celsius عام ١٨٤٢٠ ودرجاته تبدأ من الصفر ، وهـو الدرجة التى عندها الماء يتجمد (درجة التجمد) وينتهى تدرجه عند درجة١٠٠،وهى درجة غليان الماء (درجة الغليان) ٠

النـوع الثـانى : وهـو الترمـومتر الفارنهايتى ، الذى اخترعه العالم الألمانى دانييل فارنهايت D. Fahrenheit ٠ويبدا تدرجه بالرقم ٣٢° وهى (درجة التجمد) وينتهى بـدرجة ٢١٢ ، وهى درجـة غليان المـاء ٠

شكل رقم (١٣)
ترمومتر مئوى
وفارنهيتى

وكان هذا النظام الفارنهايتى يستـخدم فى المملكة المتحدة ومعظم الأقطـار التى تتكلم الانـجليزية حتى عام ١٩٦٦ ، حين

تم الاتفاق على تعميم استخدام النظام المئوى فى كافة محطات الرصد الدولية .

معنى هذا انّ الدرجة المئوية تعادل $\frac{٩}{٥}$ درجات فارنهايتية . ويمكن تحويل الدرجات المئوية الى درجات فارنهايتية على النحو الاتى :

٥°م = ($\frac{٥ \times ٩}{٥}$) + ٣٢ = ٤١° ف

كما يمكن تحويل الدرجات الفارنهايتية الى المئوية على النحو التالى :

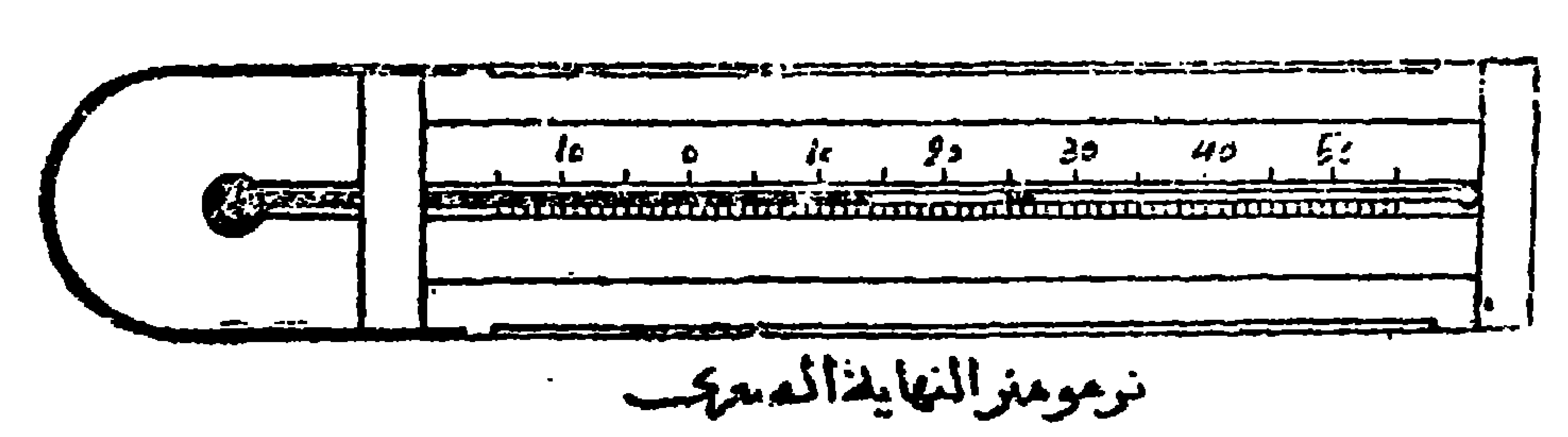
٤١°ف = (٤١ – ٣٢) × $\frac{٥}{٩}$ = ٥°م

النوع الثالث وهو ترمومتر مزدوج :

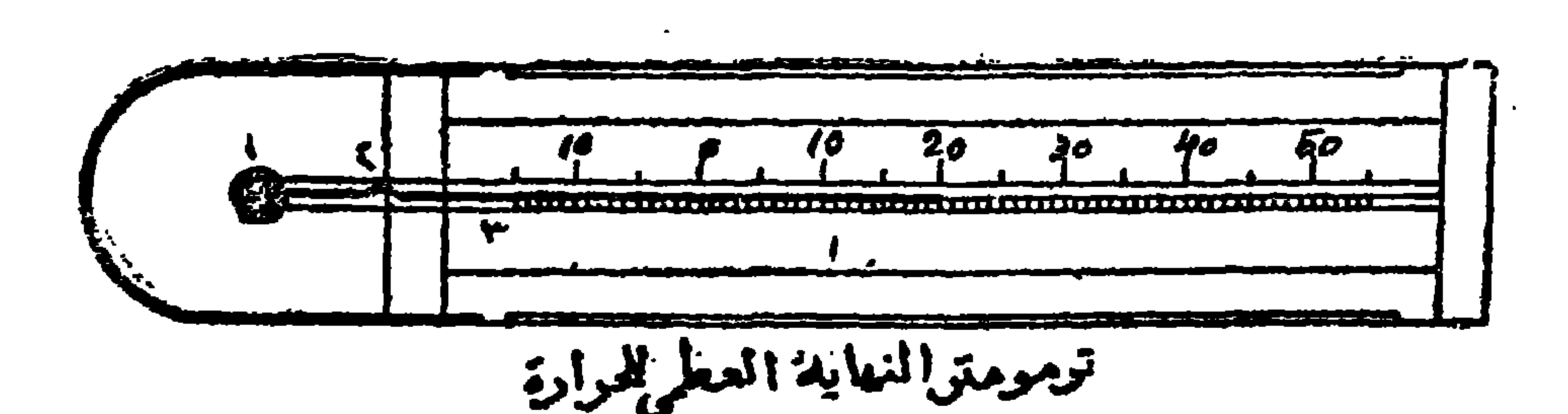
يدرج أحد جانبيه بالدرجات المئوية ، والجانب الآخر بالدرجات الفارنهايتية . وينبغى أن توضع هذه الترمومترات فى وضع رأسى دائما كما هو موضح بالشكل .

ترمومترات النهايتين العظمى والصغرى :

وهناك أيضا ترمومترات خاصة تقيس النهايتين العظمى والصغرى لدرجة الحرارة شكل رقم (١٤) .



ترمومتر النهاية الصغرى



ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

شكل رقم (١٤) ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

ويجب أن توضع ترمومترات النهايتين العظمى والصغرى فى وضع أفقى دائما مع ميل بسيط ، كما فى شكل رقم (١٤) ٠

ترمومتر النهـاية العظمى :

ويتكون الترمومتر الذى يقيس أعلى درجة للحرارة أثناء اليوم من :

١ ـ مستودع للزئبق ٠

٢ ـ اختناق فى أنبوبة الزئبق يسمح بتمدد الزئبق فى الأنبوبة فى حالة ارتفاع درجة الحرارة ، ولا يسمح بعودة الزئبق مرة ثانية الى المستودع فى حالة انخفاض درجة الحرارة ، كما يمكن الراصد من قراءة درجة الحرارة العظمى فى أى وقت يشاء ٠

ترمومتر النهـاية الصغرى :

أما الترمومتر الذى يقيس أدنى درجة للحرارة أثناء اليوم فانه يختلف عن الترمومتر السابق حيث أنه :

١ ـ يستعمل الكحول الملون بدلا من الزئبق ٠

٢ ـ به مؤشر لا يتأثر بتمدد الكحول عند ارتفـاع الحرارة ، ولكنه يتراجع الى الخلف عند انخفاضها مع الكحول ، ليشـير الى أدنى درجة وصلت اليها درجة الحرارة ٠ واذا ارتفعت درجة الحرارة مرة أخرى فان الكحول يتمدد فى الأنبوبة ، ولكنه يترك المؤشر فى موضعه دون أن يتحرك٠

الثيرمـــــوجراف :

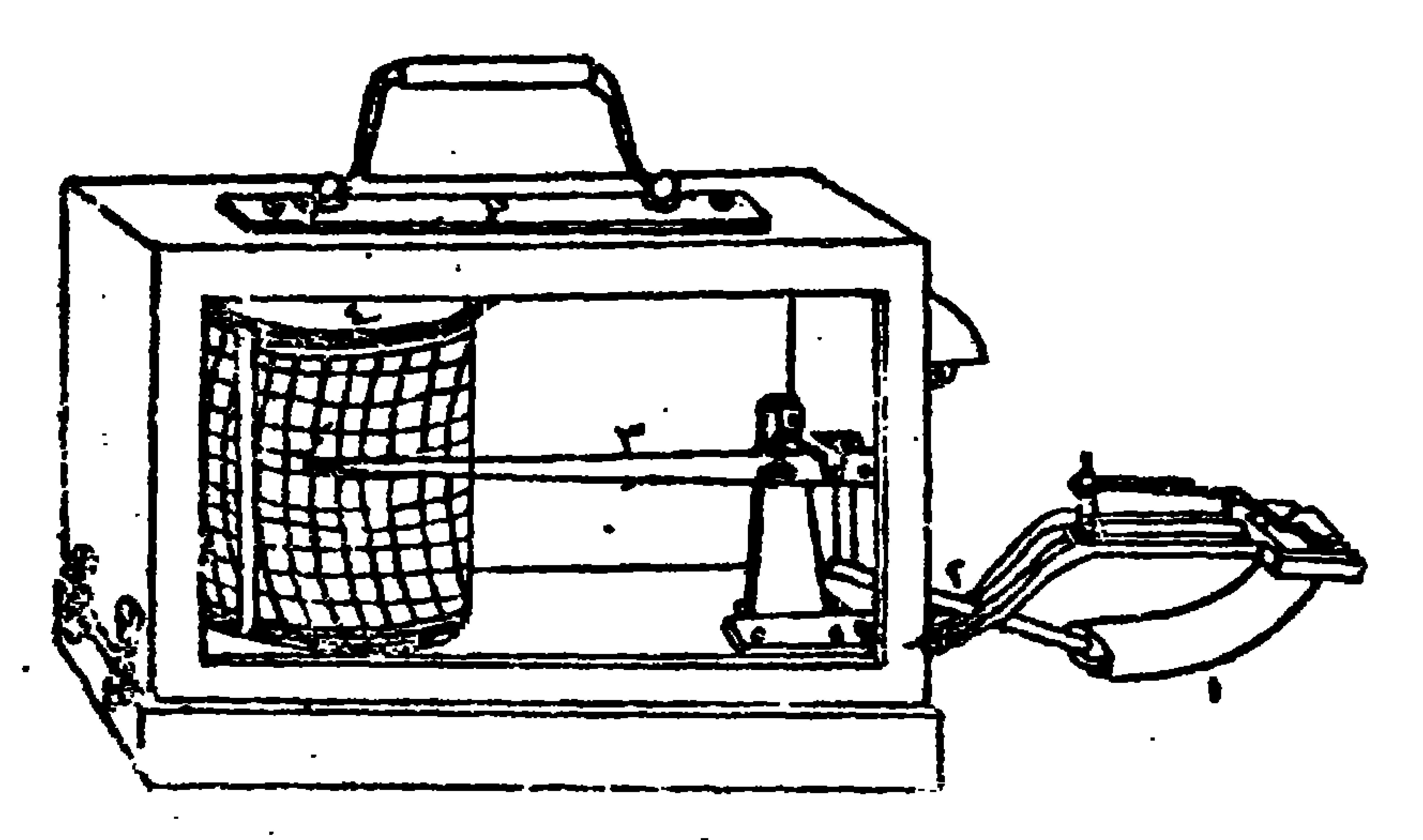
يتم تسجيل درجات الحرارة بواسطة جهاز الثرموجراف Thermograph وهو يسجل درجات الحرارة لفترة من الزمن تبلغ عادة أسبوعا ، ويتكون كما فى شكل رقم (١٥) من :

١ ـ قطعة معدنية تتأثر بدرجة الحرارة من حيث تمددها وانكماشها تبعا لارتفاع وانخفاض درجة الحرارة ٠

٢ ـ رافعة تنقل الحركة السابقة الى ذراع متصل بها ٠

٣ ـ ذراع يتحرك عن طريق الرافعة الى أعلى أو الى أسفل تبعا لتمدد وانكماش القطعة المعدنية ، وبنهاية الذراع ريشة تملأ بالحبر ٠

٤ ـ أسطـوانة تدور حـول نفسها بواسطة سـاعة بداخلها مـرة فى الأسبوع ، ويلف حول هذه الأسطوانة ورقة رسم خاصة ترسم عليها الريشة التى ينتهى بها الذراع خطا بيانيا يبين سير درجة الحرارة خلال الأسبوع ٠



شكل رقم (١٥) جهاز الترموجراف (مسجل الحرارة)

وينبغى ان نشير الى أن أهم مزايا الترموجراف ، أنه يقيس درجة الحرارة فى كل لحظة من اليوم ، ويسجلها على ورق رسم بيانى خاص لتوضيح المسار اليومى لحظة بلحظة لدرجة الحرارة أثناء اليوم ولمدة سبعة أيام متتالية • وهو بذلك يتلافى عيوب الترمومترات الآنفة الذكر التى لا تعطى سوى قراءة واحدة لدرجة الحرارة عند النظر اليها • ويعطى ميزة التعرف على ما طرأ على الحرارة من تقلبات أثناء أيام الأسبوع كله •

كيفية قراءة الترمومترات

١ ـ قراءة الترمومتر العادى :

فى الساعة الثامنة من صباح كل يوم يقرأ الرقم المجاور لنهاية عمود الزئبق ، ويدون فى جدول خاص بذلك كما فى الشكل رقم (١٧) • ويجب أن تكون القراءة دقيقة بحيث تعين نهاية عمود الزئبق بالدرجة الصحيحة وأجزاء الدرجة •

٢ ـ قراءة ترمومتر النهاية العظمى :

تقرأ كل يوم درجة الحرارة التى تعينها نهاية عمود الزئبق فى أنبوبة ، وتدون فى الجدول الخاص بها شكل رقم (١٧ ـ أ) • ثم بعد ذلك يعد الترمومتر للاستعمال بتحريكه بشدة كما فى شكل رقم (١٧ ـ ب) حتى يتم رجوع الزئبق الى مستودعه عن طريق القوة •

٣ ـ قراءة ترمومتر النهاية الصغرى :

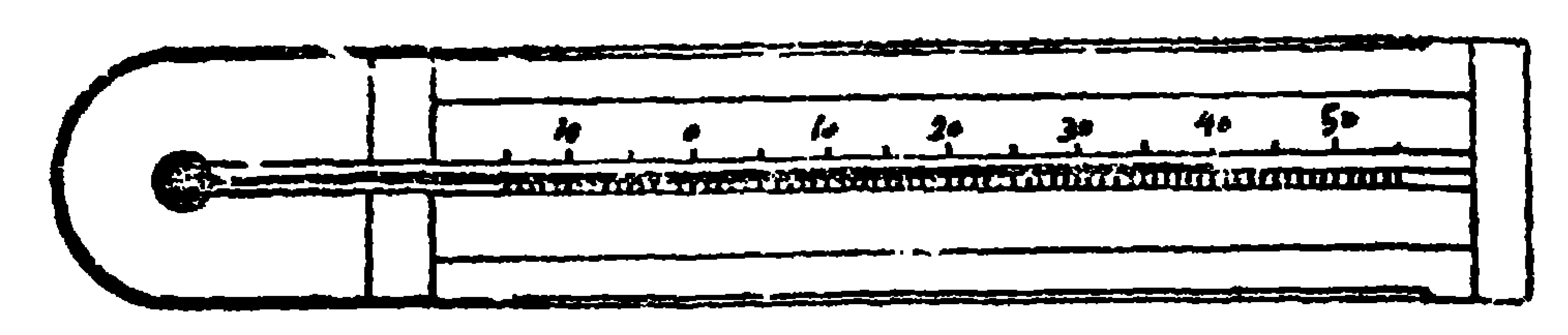
فى الوقت الذى يقرأ فيه الترمومتر السابق يجب أن يقرأ ترمومتر

مرصد ــــــــــــــــ

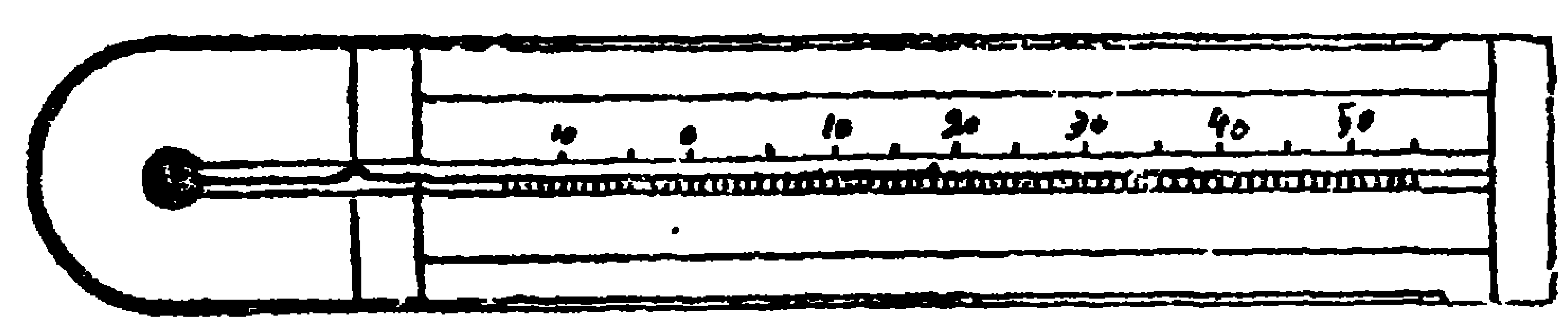
جدول أرصاد الساعة الثامنة صباحاً في الأسبوع المبتدئ من ــــــــــــ والمنتهي في ــــــــــــ

يوم الأسبوع	الضغط الجوي		درجة الحرارة					نسبة الرطوبة				المطر	اتجاه الرياح	سرعة الرياح				اسم الراصد
	البارومتر	الباروجراف	ترمومتر عادي	نهاية عظمى	نهاية صغرى	معدل يومي	ترموجراف	ترمومتر جاف	ترمومتر مبلل	النسبة	هيجروجراف			قراءة أولى	قراءة ثانية	الفرق	الرياح في الساعة	
الاثنين																		
الثلاثاء																		
الأربعاء																		
الخميس																		
الجمعة																		
السبت																		
الأحد																		

شكل رقم (١٦) جدول لتسجيل قراءات عناصر المناخ



أ- ترمومتر النهاية العظمى يبين درجة حرارة ٤٠م



د- ترمومتر النهاية العظمى وقد عادت نهاية عمود الزئبق بسبب تحريكه الى ١٨م

شكل رقم (١٧) طريقة قراءة ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

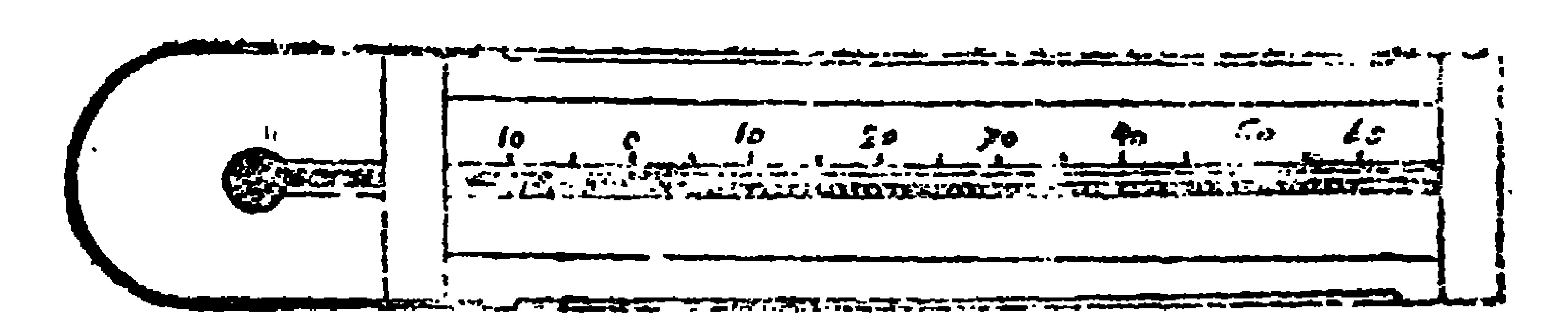
النهاية الصغرى ، ويشير الى النهاية الصغرى طرف المؤشر البعيد عن مستودع الكحول شكل رقم (١٨ ـ أ) • وبعد ذلك يعد للقراءة مرة ثانية عن طريق رفع طرف مستودعه الى أعلى حتى تتساوى نهاية المؤشر مع نهاية الكحول من جديد شكل رقم (١٨ ـ ب) •

اعداد الترموجراف للاستعمال وطريقة قراءته

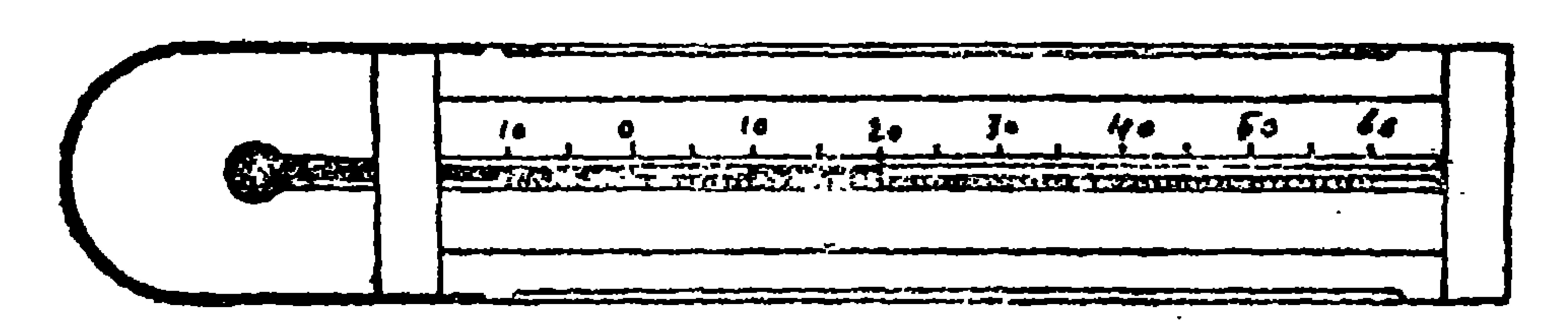
تتبع الخطوات الآتية لاعداد الترموجراف :

١ ـ فى الساعة الثامنة صباح يوم الاثنين من كل أسبوع ترفع الورقة البيانية التى حول الأسطوانة ، ويوضع بدلا منها ورقة جديدة يمسك طرفاها بواسطة ماسك معدنى ، وتضبط الريشة على يمين الماسك المعدنى وعلى بداية الورقة التى يكتب عليها تاريخ بداية الأسبوع •

٢ ـ بعد مرور أسبوع تدور الأسطوانة دورة كاملة حول نفسها ، فيظهر لك أن سن الريشة على يسار الماسك المعدنى ، وعلى ذلك يكون سن الريشة قد رسم على الورقة خطا بيانيا أثناء الأسبوع •



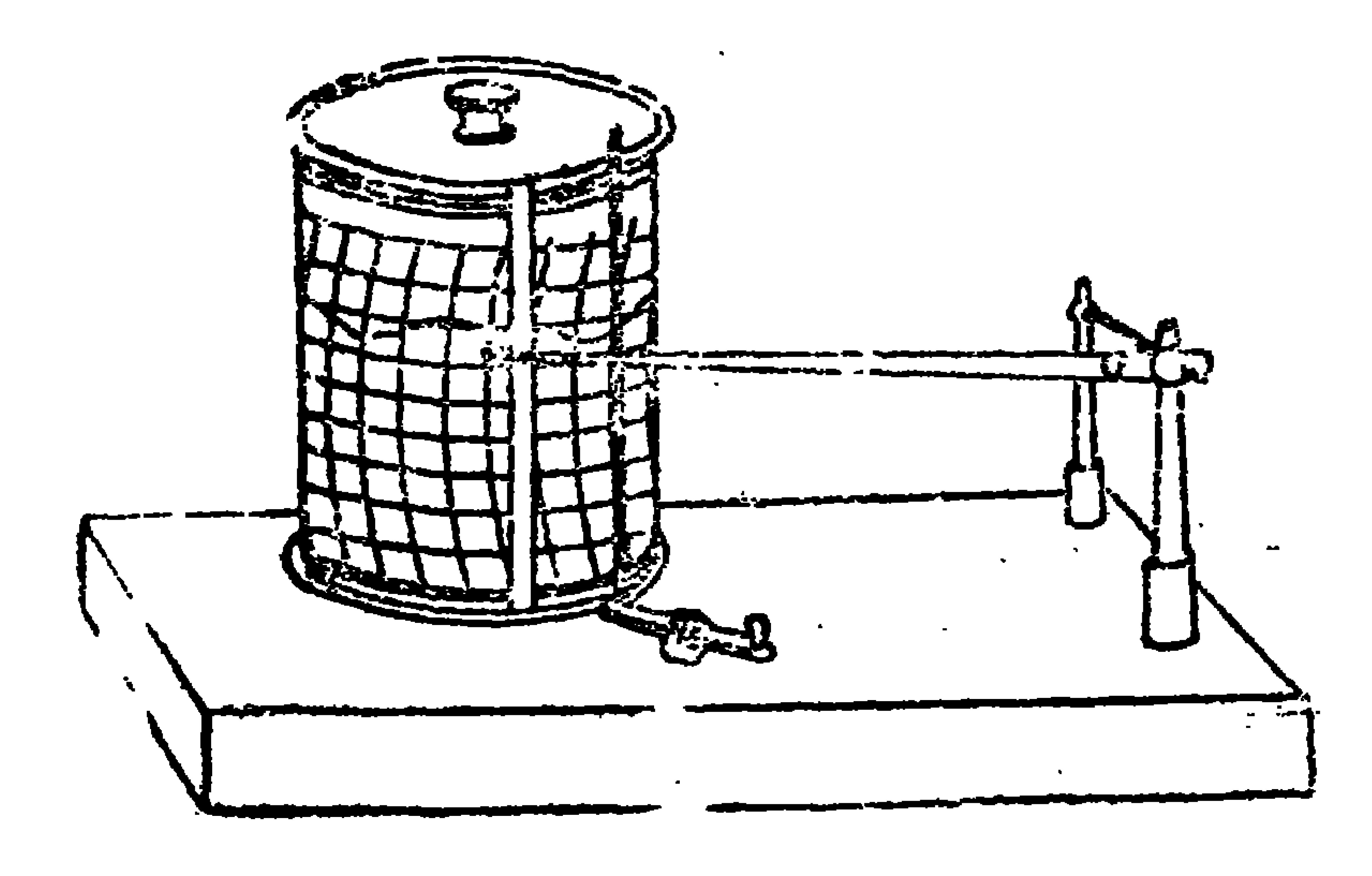
أ ـ ترمومتر النهاية الصغرى وقد وصلت نهاية الكحول ومعها المؤشر الى ١٢°م بسبب انخفاض درجة الحرارة



ب ـ ترمومتر النهاية الصغرى وقد تحرك عمود الكحول من جديد درجة ٢٠ وترك المؤشر عند درجة ١٠ وهى أقل درجة وصل اليها

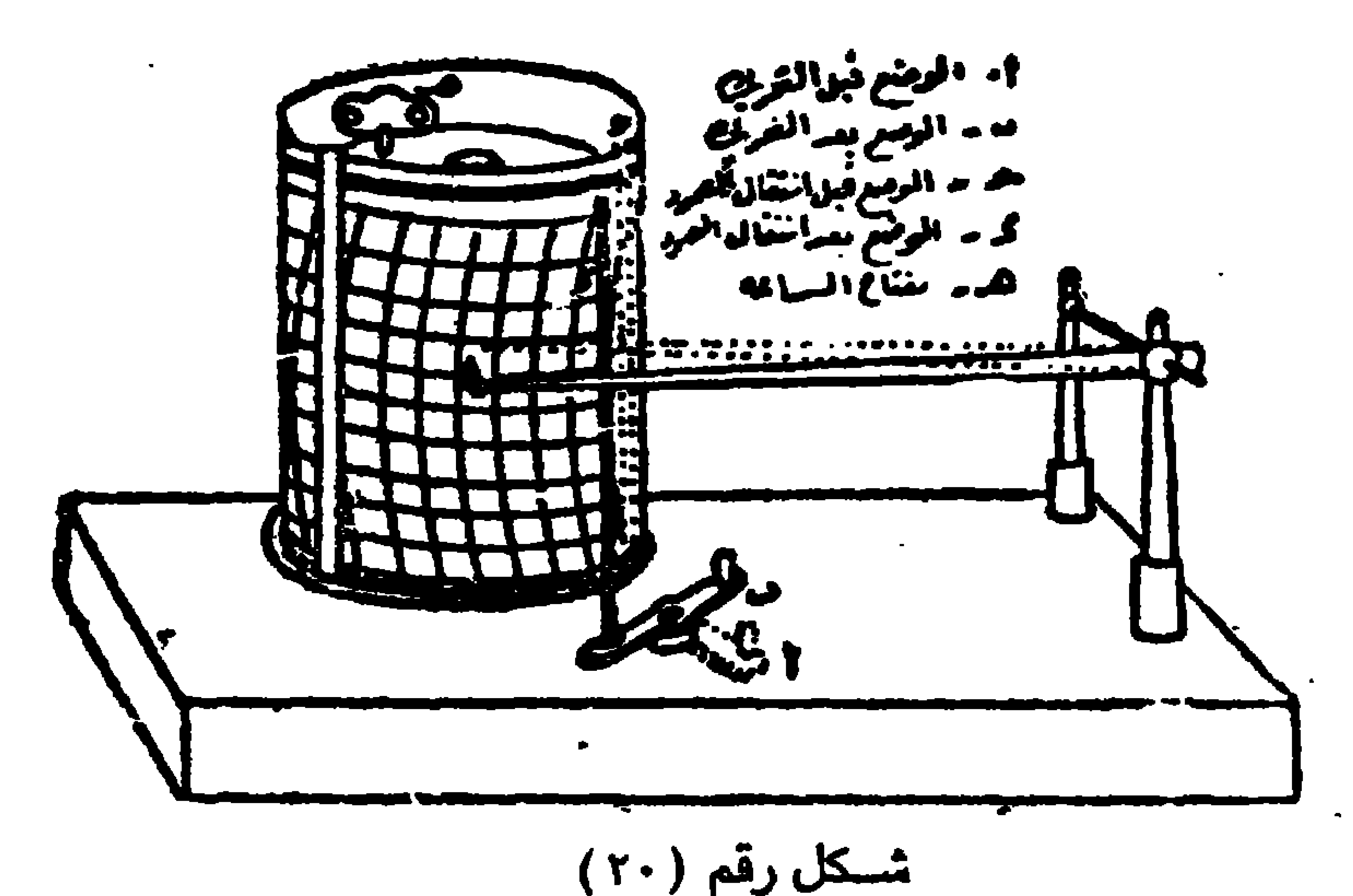
شـكل رقم (١٨)
طريقة قراءة ترمومتر النهاية الصغرى للحرارة

٣ ـ يلزم لتغيير الورقة رفع الغطاء الزجاجى فيظهر الثرموجراف كما فى الشكل (١٩) .



شكل رقم (١٩) الثرموجراف بعد رفع غطائه الخارجى

٤ - يبعد الذراع والريشة عن الأسطوانة ، وعندئذ يمكن ادارة الأسطوانة باليد دون أن تمسها الريشة ، ثم ينزع غطاء الأسطوانة فيبدو من تحته مفتاح الساعة ، فتدار حتى تمتلىء كما فى شكل (٢٠) ٠



شكل رقم (٢٠)
الثرموجراف وقد ابعد الذراع عن الأسطوانة ورفع غطاء الأسطوانة

٥ - يرفع الماسك المعدنى الى أعلا لتخليصه من حافة الأسطوانة ، فتنفصل الورقة كما فى شكل رقم (٢١) ثم يكتب عليها تاريخ اليوم الأخير من الأسبوع المسجل أرصاده فى الورقة ٠

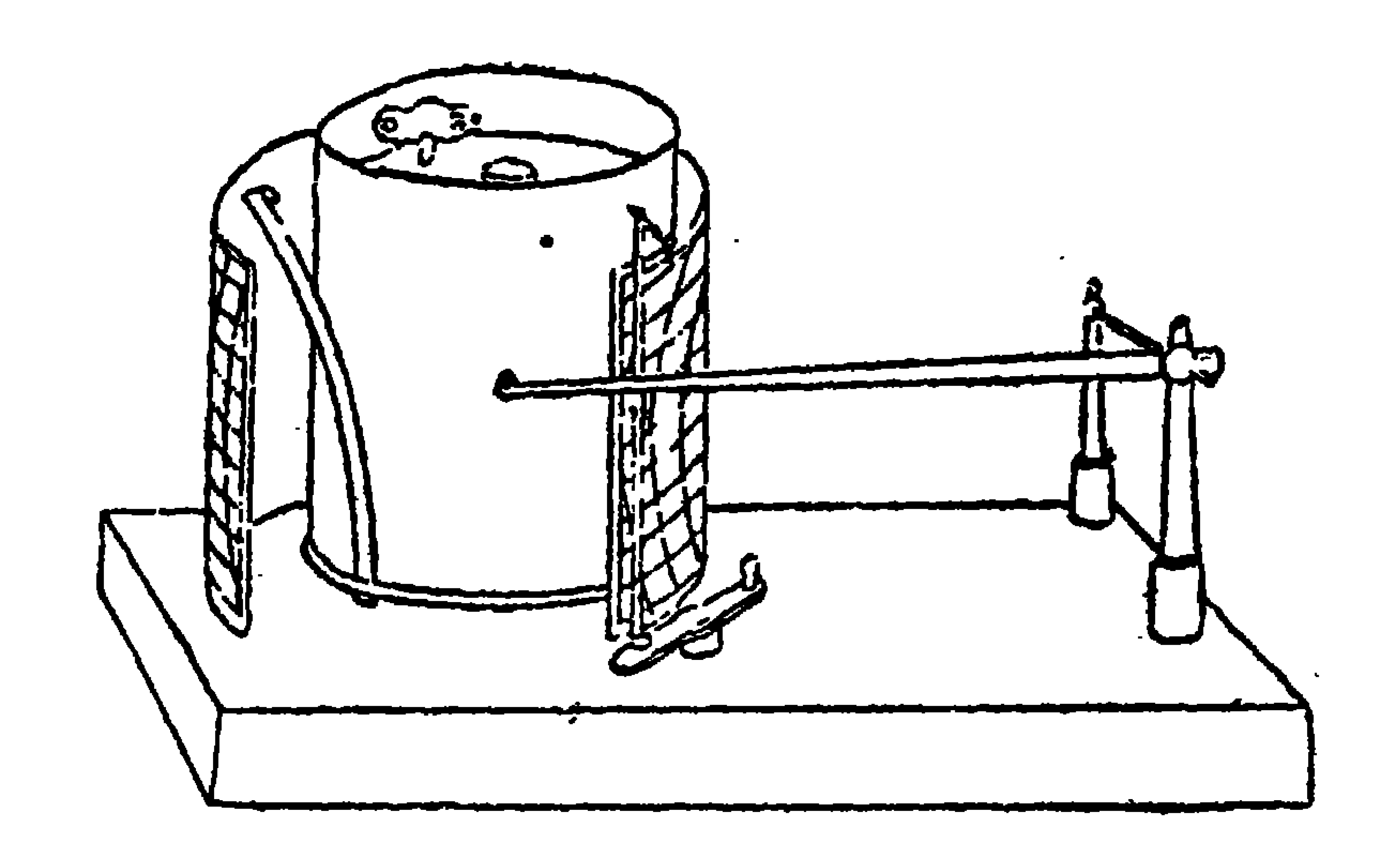
٦ - تركب ورقة جديدة وتثبت على الأسطوانة ، ويعاد الماسك المعدنى عليها ، ثم يركب غطاء الأسطوانة ، وبذلك يعود الجهاز الى وضعه السابق، ويغطى بغطائه الخارجى ٠ ثم يوضع الجهاز فى موضعه الخاص فى كشك الأرصـاد ٠

بعد الانتهاء من الخطوات السابقة تفرد الورقة البيانية كما هو موضح فى الشكل رقم (٢٢) ٠

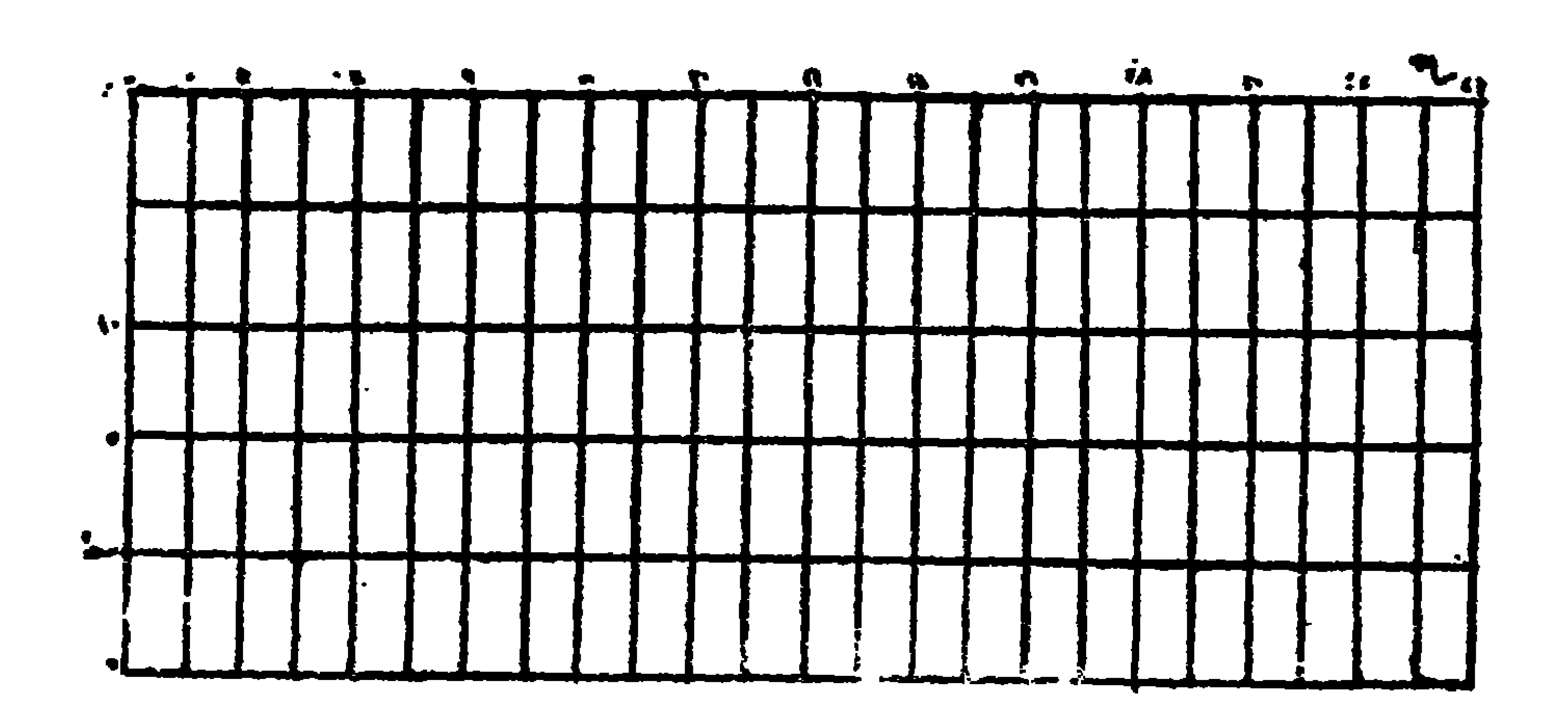
وتقرأ التغيرات الحرارية أثناء الدورة التى مرت بها درجة الحرارة أثناء الاسبوع ، ويبين الوقت الذى تبلغ فيه درجة الحرارة أقصاها ، والوقت الذى تبلغ فيه الحرارة أدناها ٠

كيفية حساب المتوسطات لدرجة الحرارة :

من قراءة الترمومترات السابقة وقراءة الورقة البيانية لجهاز الثرموجراف



شكل رقم (٢١)
الثرموجراف وقد انحنى الماسك المعدنى الى الخارج
وانفصل طرفا الورقة



شكل رقم (٢٢) ورقة بيانية للثرموجراف

يمكن معرفة درجة الحرارة فى أى مكان فى ساعات اليوم المختلفة (الساعة ٨ صباحا و ٢ بعد الظهر ، ٨ مساء) ، ومن هذه القراءات **يستخرج المتوسط الكيومى للحرارة** ، ومنها **يمكن معرفة المتوسط الشهرى ومن المتوسطات الشهرية يمكن معرفة المتوسط السنوى للحرارة** ، وبذلك يمكن الحكم على مناخ الاقليم اذا كان حارا أو معتدلا أو باردا .

المتوسط اليـومى للحرارة :

ويمكن حساب المتوسط اليومى عن طريق أخذ أعلى درجة للحرارة والتى تحدث عادة فى الساعة الثانية بعد الظهر ، وأدنى درجة للحرارة وتحدث حوالى الساعة الرابعة صباحا ، ثم نجمعهما ونقسم حاصل الجمع على ٢ .

$$\text{المتوسط اليومى} = \frac{\text{درجة الحرارة العظمى + درجة الحرارة الصغرى}}{٢}$$

وقد يحسب المتوسط اليومى من قياس درجة الحرارة فى كل ساعة من اليوم ، واستخراج المتوسط الحسابى لها . ولا يتبع هذا الأسلوب الا نادرا. فالفرق بين الأسلوبين لحساب المتوسط اليومى ضئيل ، مما يبرر استخدام الأسلوب الأول لسهولته .

المتـــوسط الشـــهرى :

ويمكن أن نحسب المتوسط الشهرى على أساس جمع المتوسطات اليومية خلال الشهر ، ثم نقسمها على عدد أيام هذا الشهر ، أى أن المتوسط الشهرى يمثل الوسط الحسـابى للمتوسطات الحرارية اليومية ورغـم أن المتوسط الشهرى للحرارة شـائع الاستعمال ، فانه وحـده مضلل احيـانا ، لأن التوزيعات التكرارية للمتوسطات الشهرية للحرارة ليست عادية أو معتدلة Normal بل هناك من الأدلة ما يشهد بأنها عشوائية Random . ولهذا قد يفضل استخدام مدد قصيرة فى حساب المتوسط الشهرى للحرارة .

المتوسط السنوى لدرجات الحرارة :

يحسب المتوسط السنوى للحرارة عن طريقين :

الأول : جمع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة لجميع أيام السنة ، ثم قسمة الناتج على عدد أيام السنة .

والثانى : قسمة مجموع المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة على عدد اشهر السـنة .

المتوسط الأسبوعى لدرجات الحرارة :

اذا كان القصـد معرفة التقلبـات الحرارية العامة والدورة السـنوية لدرجات الحـرارة الناتجة عن الـدورة السنوية للاشعـاع الشمسى ، فان المتوسطات الحرارية الشهرية والسنوية تكون كافية . أما اذا كان الغرض هو تحليل التغيرات الحرارية القصيرة الأمد ، فان استخـدام المتوسطات

الشهرية يخفى ملامح التقلبات الأسبوعية ولا يبرز الا الدورة الشهرية ثم الدورة السنوية.أما المتوسطات اليومية فانها تظهر التغيرات التى تتم خلال اليوم الواحد ، وبعضها أو جلها قد يكون غير مهم .

ولهذا يفضل استخدام متوسط أسبوعى ، يجمع بين ميزات المتوسطات اليومية قصيرة الامد والمتوسطات الشهرية . كما أنه يتميز بان التوزيع التكرارى له أقرب الى التوزيع العادى المعتدل .

المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة العظمى والصغرى :

يستخرج المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة العظمى بقسمة مجموع تسجيلات الحرارة العظمى أثناء الشهر على عدد أيام الشهر . وبالمثل فان المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة الدنيا أو الصغرى يمثل الوسط الحسابى لدرجات الحرارة اليومية الصغرى .

ويعيب المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى أنها تمثل الوسط الحسابى لمجتمع احصائى غير متجانس ، مما يجعل استخدامها مضللا أحيانا . ذلك أن درجات الحرارة العظمى والدنيا لا تحدث عادة فى نفس الوقت من كل يوم من أيام الشهر ، ولهذا يفضل الاعتماد على التوزيع التكرارى لدرجات الحرارة العظمى والصغرى ، وحساب عدد المرات التى تكون درجات الحرارة فيها ضمن حدود معلومة ، بدلا من استخدام المتوسطات الشهرية .

كيفية حساب المدى الحرارى :

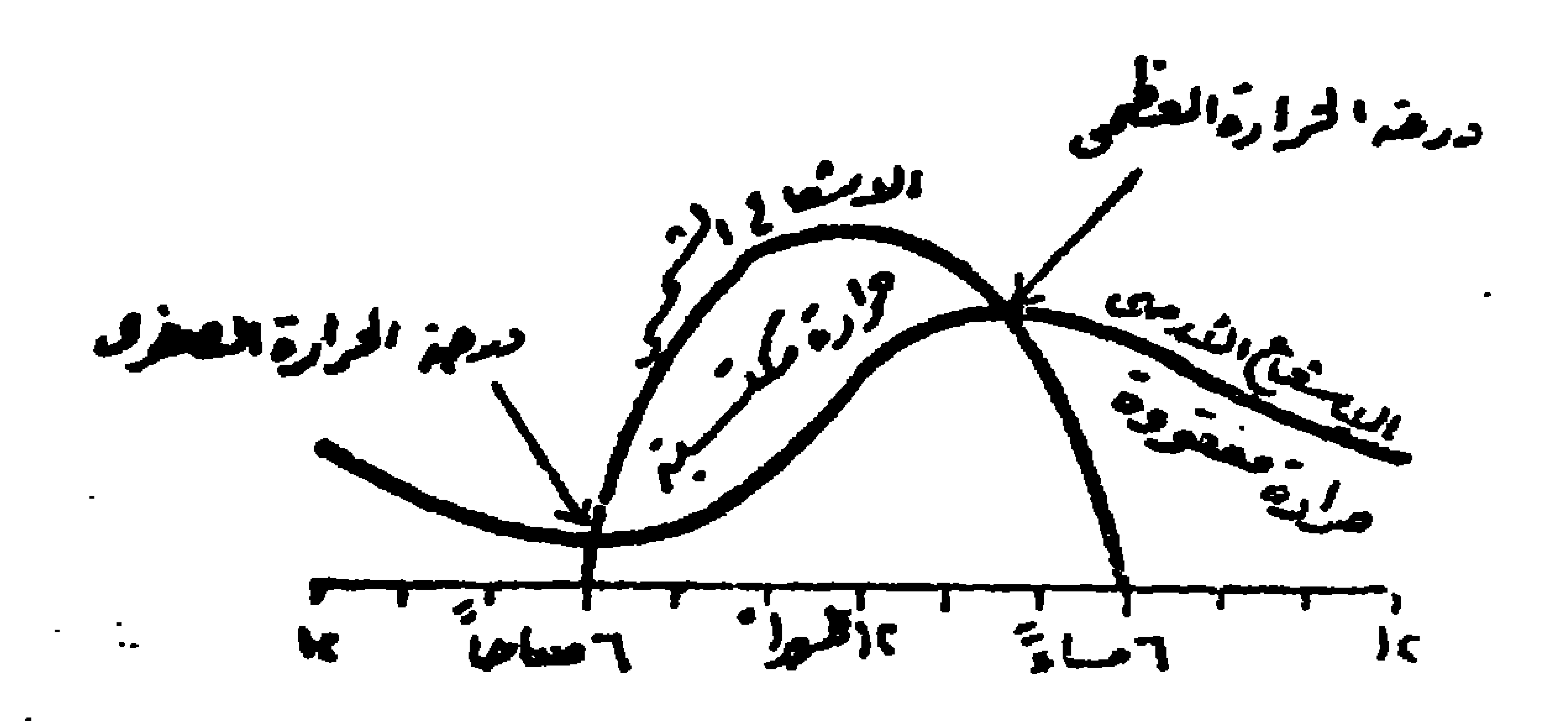
يعرف المدى الحرارى بانه الفرق بين اعلى وأدنى درجة للحرارة أثناء يوم أو اسبوع أو شهر أو سنة . وقياس المدى الحرارى مهم للغاية ، لأنه يفيد فى تحديد كل من المناخ القارى والمناخ البحرى ، ولما له من تاثير بين فى الحياة البشرية والحيوانية والنباتية وقد رأينا أن المتوسطات الحرارية لا تعطى صورة صحيحة . فقد يكون المتوسط الحرارى السنوى ٢٠°م لمكان تتراوح فيه درجات الحرارة بين ١٤°م فى الشتاء ، و٢٦°م فى الصيف ، أو لبلد فية درجات الحرارة بين ٧°م شتاء ، و٣٣°م صيفا .

المدى الحرارى اليومى :

يحسب عادة بايجاد الفرق بين أعلى وأدنى درجة للحرارة ، يسجلها ترمومتر النهاية العظمى وترمومتر النهاية الصغرى فى كل يوم .

المدى الحرارى السنوى :

يحسب بايجاد الفرق بين متوسط درجات حرارة أقل الشهور حرارة ، ومتوسط درجات حرارة أعلى الشهور حرارة • وهو يوضح المدى الحرارى الفصلى • فاذا اتسم الفرق الحرارى بالكبر بين الشتاء والصيف فى مكان ما، دل ذلك على أن مناخه قارى ، أما اذا كان المدى الحرارى صغيرا بين الشتاء والصيف ، فان المكان ينعم حينئذ بمناخ بحرى معتدل •



شكل رقم (٢٣) المسار اليومى للاشعاع الشمسى والاشعاع الأرضى

المسار اليومى لدرجات الحرارة :

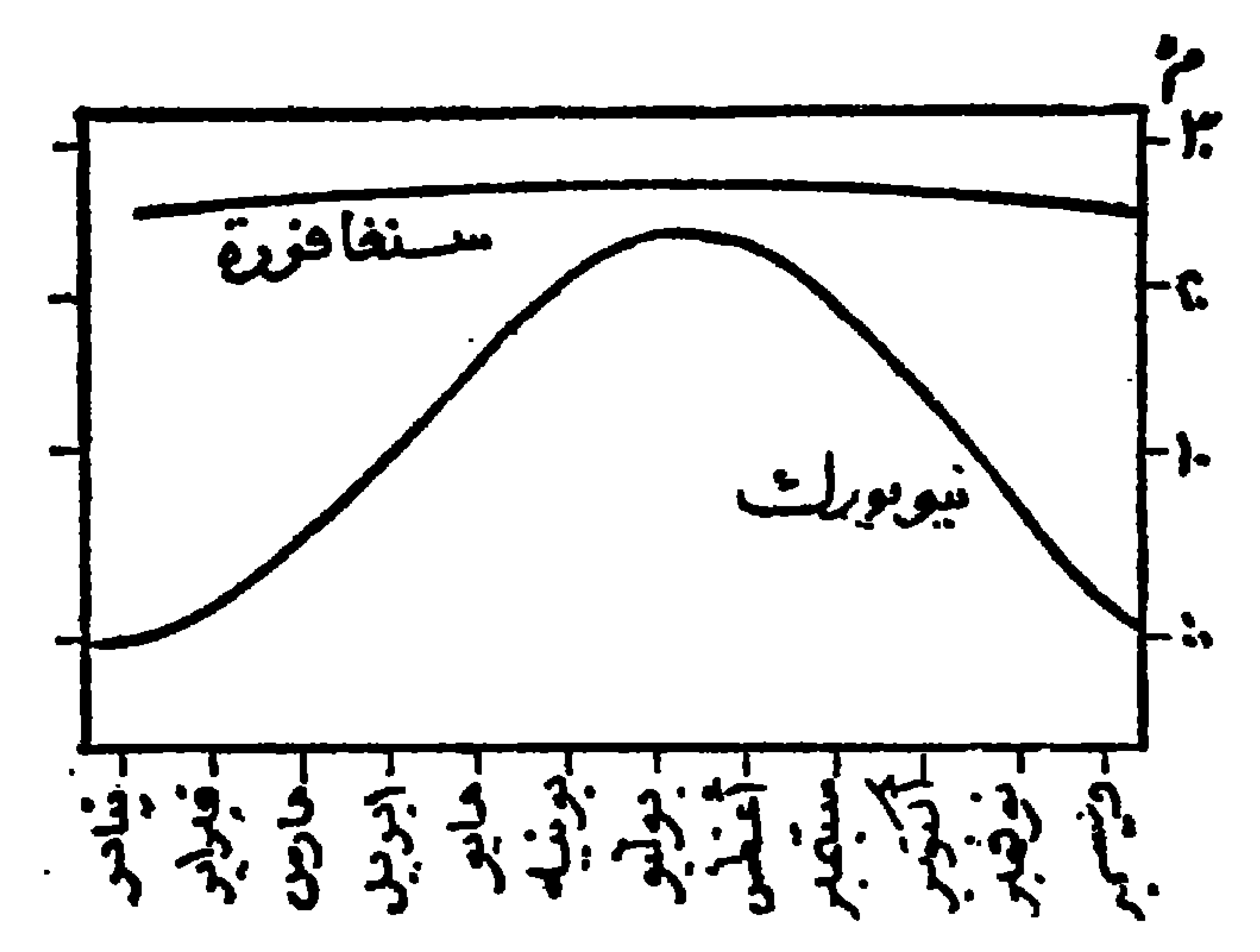
تشرق الشمس فى صباح الأيام الهادئة الخالية من التلقبات الجوية ، ويأخذ اشعاعها فى الشدة كلما تقدم النهار حتى يبلغ القمة عند الظهر ، ثم يأخذ فى الضعف بعد ذلك الى أن يختفى مع غروب الشمس • وتبدأ حرارة الجو فى الارتفاع مع شروق الشمس ، وتستمر فى الزيادة الى أن تبلغ القمة بعد الظهر بنحو ساعتين ، ثم تشرع حرارة الجو فى الانخفاض التدريجى بعد ذلك ، ويستمر انخفاضها دائبا طول الليل الى أن تبلغ أدنى حد لها قبيل شروق شمس اليوم التالى مباشرة •

ورغم ارتباط المسار اليومى للحرارة بالمسار اليومى للاشعاع الشمسى، فانهما لا يتفقان زمنيا ، فالأول يتأخر عن الثانى بنحو ساعة ونصف فى داخلية القارات ، وبأكثر من ساعتين فيما جاور البحار ، وذلك بسبب اختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء،مما يؤخر وقت الحرارة القصوى فى الأراضى الساحلية عنها فى داخلية القارات.واختلاف الخصائص الحرارية لكلا الجسمين هو السبب أيضا فى تأخر أحر الشهور ليكون شهر أغسطس فى المحطات الساحلية ، بينما يتقدم ويكون شهر يوليو هو أحر الشهور فى داخلية القارات •

ولما كانت حرارة الجو هى محصلة الموازنة الحرارية لسطح الارض والهواء القريب منه ، فانها تواصل ارتفاعها حتى بعدما يشرع الاشعاع الشمسى فى الضعف ، لان حرارة سطح الأرض المكتسبة تبقى أعلى من المفقودة ، ويستمر ذلك حتى حوالى الساعة الثانية بعد الظهر . ثم تبدأ الحرارة المكتسبة فى النقصان حتى تنتهى تماما بمغيب الشمس عند الغروب. ويتواصل بعد ذلك فقدان الحرارة بالاشعاع الارضى حتى قبيل شروق شمس اليوم التالى .

المسار السنوى لدرجات الحرارة :

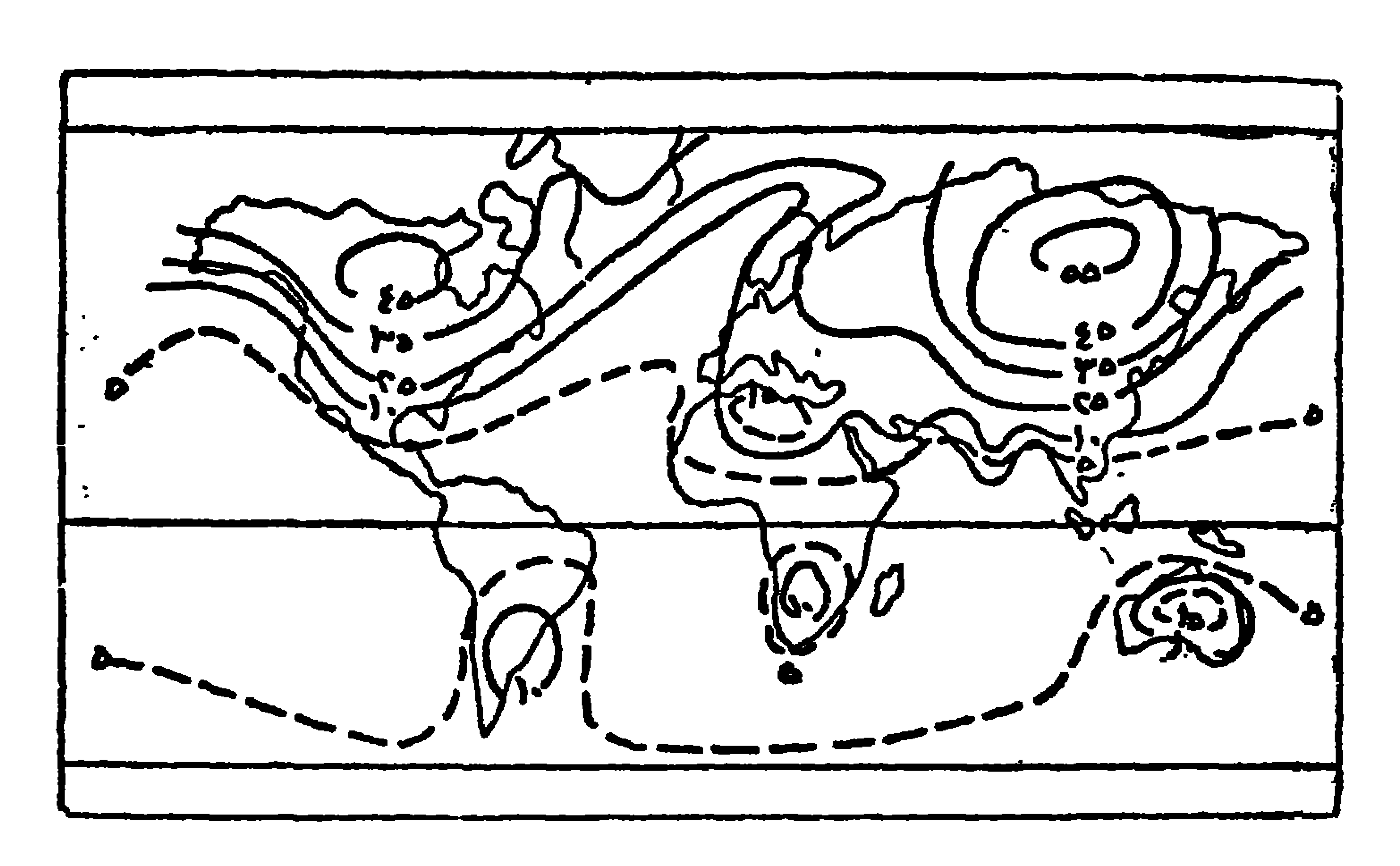
المسار السنوى لدرجات الحرارة هو انعكاس للمسار السنوى للاشعاع الشمسى ، وهو يتبعه ، لكنه يتاخر عنه زمنيا ، مثله فى ذلك مثل المسار اليومى . وكما قدمنا تختلف الفترة الزمنية تبعا لاختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء ، مما يجعل أحر الشهور فى المناطق القارية هو شهر يوليو ، بينما يكون أحر الشهور فى الأقاليم البحرية هو شهر اغسطس .



شكل رقم (٢٤) المسار السنوى للحرارة فى كل من :
نيويورك (٤١° شمالا) سنغافورة (١° شمالا)

التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليومى والمدى السنوى والعوامل المتحكمة فيهما :

يمكن اجمال دراسة التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليومى والسنوى فى النقاط التالية ، علما بان العوامل المتحكمة فى كليهما واحدة .



شكل رقم (٢٥) المدى السنوى للحرارة بالدرجات المئوية

١ ـ المدى الحرارى اليومى والسنوى فى الأقـاليم القارية أكثر منه فى الأقاليم البحرية ، وذلك لاختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء كما قدمنا . ويتضح من خرائط توزيع المـدى الحرارى السـنوى أنه يبلغ ذروته فى وسط أراضى شمالى شرق آسيا حيث يبلغ ٥٥°م ، وفى وسط النصف الشمالى من أمريكا الشمالية حيث يصل الى ٤٥°م . أما فى المناطق الساحلية فانه يهبط الى خمس درجات مئوية .

٢ ـ كلاهما أقل فى المناطق الرطبة منهما فى الأقاليم الجافة . وكلما كثر بخار الماء فى المستويات السفلى من الجو كلما عظم أثره فى تقليل المدى الحرارى اليومى والسنوى . ولهذا نجدهما منخفضين فى الأقاليم الاستوائية والمدارية الرطبة .

٣ ـ يزداد المدى الحرارى اليومى والمدى السنوى كلاهما بالابتعاد عن دائرة الاستواء . فهما صغيران فى العروض الاستوائية والمدارية الرطبة ، وكبيران فى العروض المعتدلة والباردة . ويعزى ذلك الى ازدياد التباين فى طول الليل والنهار كلما بعدنا عن دائرة الاستواء ، اضافة الى عظم الرطوبة وكثرة بخار الماء فى الجو الاستوائى والمدارى الرطب .

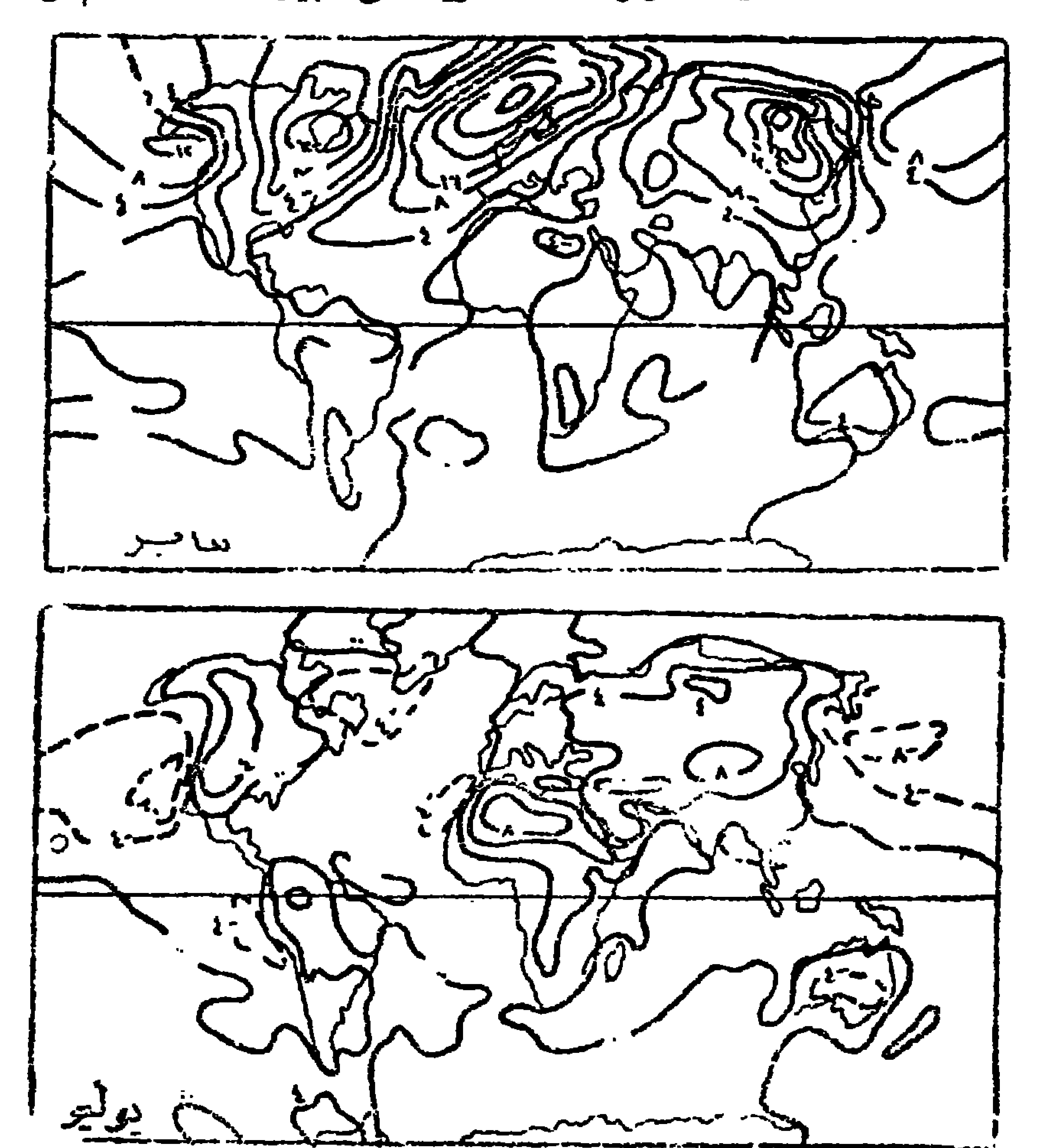
٤ ـ المدى الحرارى اليومى والسنوى كلاهما قليل فى المناطق المرتفعة ، وكبير فى السهول المنبسطة . وقد وجد أن المدى الحرارى اليومى على ارتفاع

٢٠٠ متر من منسوب سطح البحر يعادل خمسى المدى الحرارى اليومى على ارتفاع مترين • وتفسير ذلك أن تاثير الاشعاع الأرضى يقل بالارتفاع •

الانحـراف الحـرارى :

يعرف الانحراف أو الشذوذ الحرارى Temperature Anomalies **لمكـان معين ، بأنه مقدار الانحراف عن متوسط حرارة خط العرض الذى يقع عليه المكان** • وهو يعادل الفرق بين معـدل درجة حرارته ودرجة حرارة دائرة العرض التى يقع عليها • وقد يكون هذا الانـحراف أو الشذوذ موجبا ، وقد يكـون سالبا •

فاذا كان معدل درجة حرارة الاسكنـدرية على سبيل المثـال ١٧°م فى



شكل رقم (٢٦) التوزيع الجغرافى للانحراف الحرارى فى يناير ويوليو

شهر يناير ، بينما يبلغ متوسط درجة حرارة جميع المحطات الواقعة على نفس درجة عرض الاسكندرية ١٤°م ، فانه يقال ان الاسكندرية تحظى بانحراف حرارى موجب مقداره ٣°م . أما اذا حدث وكان معدل درجة حرارة المدينة ١٠°م ، فانها حينئذ تقاسى انحرافا أو شذوذا حراريا سالبا مقداره ٣°م .

ويزداد الاهتمام بدراسة الانحراف الحرارى لما له من تأثير على اضطرابات المناخ والدورة الهوائية العامة . **ولهذا تنشأ لها خرائط خاصة تسمى خرائط الشذوذ الحرارى ، ترسم عليها خطوط تدعى خطوط الشذوذ الحرارى** Iso-anomalous Lines ، وهى الخطوط التى تصل بين الاماكن التى تتساوى فى مقادير شذوذها الحرارى على نفس خط العرض ، سواء كان الشذوذ موجبا أم سالبا . وتحسب عن طريق ايجاد متوسط حرارة كل دائرة من دوائر العرض ، وذلك بالحصول على متوسط حرارة عدد من المحطات المتيورولوجية التى تقع عليه خلال شهر أو فصل أو سنة ، حسبما يتطلب انشاء الخريطة ، ثم يحسب مقدار شذوذ كل محطة عن المتوسط العام لحرارة دائرة العرض ، سواء كان موجبا أم سالبا . ثم توصل قيم الشذوذ المتساوية والمتماثلة بخطوط هى خطوط الشذوذ أو الانحراف أو الميل الحرارى .

العوامل الجغرافية المؤثرة فى نشأة الشذوذ الحرارى :

١ ـ **المسطحات المائية :** التى تقوم بخزن الطاقة الشمسية ، ولهذا فانها بالغة الأهمية فى نشأة وتوزيع مناطق الانحراف الحرارى .

٢ ـ **التيارات البحرية الدافئة :** فى غربى القارات والرياح الغربية (العكسية) الشتوية الدافئة . فهذه وتلك مسئولة عن تكون مراكز انحراف حرارى موجب فى القسم الشمالى من كل من المحيطين الأطلسى والهادى . ويظهر الشذوذ الحرارى الموجب بأجلى صوره فى سواحل غربى النرويج بسبب تيار الخليج الدافىء ، فهو يصل هناك الى ٢٤°م ، فلا تتجمد مياه موانيها شتاء حتى مدينة الرأس الشمالى (نورث كيب) فى اقصى شمال النرويج ، بينما تعانى الموانى الواقعة على نفس دوائر العرض فى شرق أمريكا الشمالية من تجمد مياهها ، بسبب انخفاض الحرارة الى ما دون الصفر . وهنا يظهر الانحراف الحرارى السالب .

بالمثل تسجل سواحل شمال غربى أمريكا الشمالية انحرافا حراريا

موجبا بسبب تيار اليابان الدافىء والرياح الغربية ، بينما تعانى سواحل شمال شرق آسيا شذوذا حراريا سالبا .

٣ ـ التيارات البحرية الباردة التى تسير بحذاء السواحل المدارية بغربى القارات . فهنا ينشأ بسببها شذوذ حرارى سالب ، مثل سواحل غربى أفريقيا التى تتأثر بتيار كناريا البارد ، وسواحل غربى أمريكا الجنوبية التى تتأثر بتيار بنجويلا البارد ، وسواحل غربى كاليفورنيا التى تتعرض **لتاثير تيار كاليفورنيا البارد .**

٤ ـ اتساع رقعة اليابس يؤدى الى نشأة مناطق انحراف حرارى شاسعة المساحة ، يكون انحرافها موجبا فى الصيف ، وسالبا فى الشتاء :

ففى فصل الصيف :

تتكون ثلاث مراكز عظيمة المساحة للانحراف الحرارى الموجب فوق كل من أواسط آسيا ، والقسم الشمالى من افريقيا ، والجزء الأوسط من أمريكا الشمالية . وذلك بسبب التسخين الشديد للاشعاع الشمسى ، وطول النهار ، وصفاء السماء .

وفى فصل الشتاء :

تصبح نفس المراكز الثلاثة الآنفة الذكر محلا لشذوذ حرارى سالب ، بسبب ميل الاشعاع الشمسى ، وقصر النهار ، والبعد عن تأثير المسطحات البحرية . **ويضرب المثل بالانحراف الحرارى السالب فى سيبيريا شتاء، حيث يصل الى ـ ٢٤°م فوق مساحة هائلة .** واذا كانت بلدة ثورنس هافين الواقعة فى جزر فارو بغربى النرويج نموذجا للانحراف الحرارى الموجب (٢٤°م) وبالتالى مثالا للمناخ البحرى الحقيقى ، فان مدينة فيرخويانسك بشرقى سيبيريا هى نموذج المناخ القارى ، ومثال متطرف للانحراف الحرارى السالب (ـ ٢٤°م) .

وسائل اكتساب ونشر الحرارة بالغلاف الجوى :

تعتبر الاشعاعات بانواعها : الشمسية والجوية والارضية ، الوسيلة الرئيسية لاكتساب ونشر الحرارة فى الغلاف الجوى . ويتم ذلك بعدة طرق هى : التلامس والتوصيل ، والحركات الرأسية للهواء أو تيارات الحمل ، والتسخين الذاتى للجو ، والاشعاع الذاتى لعناصر الجو ، والحرارة الكامنة فى بخار الماء ، والنشر والنقل بواسطة الرياح . وبهذه الوسائل تنتقل الحرارة فى الغلاف الجوى وتنتشر ، ويتم تسخينه .

التـــلامس والتــوصيل :

تنتقل الحرارة فى الهــواء ويتم تسخينه بمســاعدة عمليات **التوصيل الحرارى** **Conduction** • فعنــدما يمتص سطح الأرض الاشعــاع الشمسى وترتفع حرارته ، تنتقل الحرارة بالتــلامس والتوصــيل من سطح الأرض الساخن الى الهواء الملاصق له • ويتم عكس ذلك حينما يبرد سطح الأرض عن طريق فقدان الحرارة بالاشعاع الأرضى ، وحينئذ قــد تنخفض حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض البارد الى نقطة الندى ، فيتكون بذلك الندى، خصوصا حينما يكون الهواء ساكنا ، أما اذا تحرك الهــواء ببطء وخفة ، فان الضباب يتكون ، نتيجة لحركة الهواء الرطب وعدم استقراره وسكونه •

تيــارات الحمــل :

على الرغم من أن الجــو نفسه موصل ردىء للحرارة ، فــان الحرارة تنتشر به ويتم تسخينه عن طريق تيارات الحرارة الصاعدة ، فعندما ترتفع حرارة الهواء الــذى يلامس سطح الأرض أثنــاء اشراق الشمس ، وبتأثير الاشعاع الأرضى ، فانه يصعد الى أعلى لتمدده وتناقص كثافته ، **وذلك على هيئة تيارات حرارية صاعــدة أو تيارات حمل** **Convection** يصــل صعود بعضها فى المناطق الداخلية من القارات وفى الجهات الصحراوية الى نحو ١٥ كم • وعندما يبرد الهواء فى أعالى الغلاف الجوى ترتفع كثافته فيزداد وزنه ، ويشرع فى الهبوط من أعلى الى أسفل ، ليحل محل الهواء الساخن الصاعد • وتتم هذه الدورة خــلال اليوم ، ففى الصباح حتى الظهر يكون الصعود الهوائى على أشده•وفيما بعد الظهر يختلط الهواء الصاعد ببدايات الهواء الهابط ، فتنشأ قرب سطح الأرض طبقة من الهواء المختلط ، تحل محلها بالليل ، خصوصا فى أواخره ، تيارات هابطة •

التسخين الــذاتى للجــو :

عندما يهبط الهواء من أعلى ، يتضاغط وتزداد كثافته ووزنه ، فتزداد حرارته بمعدلات تساوى تقريبا هبوط الحرارة بالارتفاع • وتحــدث هذه الظاهرة محليا ، وفى جهات محدودة نسبيا • مثال ذلك ما يحدث لرياح الفــون **Foehn** من تسخين أثناء هبوطها من أعالى مرتفعات الألب الى هضبة بافاريا والهضبة السويسرية • وكذلك حال رياح الشينوك **Shinock** التى تهبط من أعالى جبال الروكى بأمريكا الشمالية الى سهول كندا وسهول البرارى الشمالية بالولايات المتحدة الأمريكية • وتعرف عملية تسخين الهواء بالهبوط من الأعالى بالتسخين الذاتى **Adiabatic Heating** •

الاشعاع الذاتى لعناصر الجو :

ونقصد به الاشعاع الحرارى الذى ينبعث عن الغازات والمواد العالقة بالجو ومنها بخار الماء ويعمل على تسخين الغلاف الجوى مباشرة . **ويساعد وجود السحب وكثرتها أثناء الليل على رفع قيمة الاشعاع الذاتى للجو من ناحية وانقاص قيمة الاشعاع الارضى من ناحية أخرى** . وحينما تشتد كثافة السحب وقربها من سطح الأرض ، مع ارتفاع نسبة الرطوبة وبخار الماء فى الجو ، قد يتعادل الاشعاع الأرضى والاشعاع الذاتى لعناصر الجو ليلا ، ومن ثم لا تنخفض حرارة سطح الأرض والهواء الملامس له الا قليلا .

الحرارة الكامنة فى بخار الماء :

وهى الحرارة التى تكمن فى بخار الماء Latent Heat الذى يتبخر من المسطحات المائية التى تشغل أكثر من ثلثى سطح الأرض . ومعلوم أن الحرارة الكامنة لبخار الماء هى كمية الحرارة الكافية لتحويل جرام من الماء الى بخار ، وتبلغ ٥٤٠ سعر/جرام عند درجة حرارة ١٠٠°م . والتبخر من المسطحات المائية المدارية هو أهم مصادر تزويد الجو بالحرارة الكامنة ، أما اليابس ، خصوصا اليابس المدارى أيضا ، فهو مصدر تموين الجو بالحرارة المحسوسة Sensible Heat . وتقدر كمية الحرارة الكامنة التى تنطلق فى الهواء عند تكاثف جرام واحد من بخار الماء بنحو ٥٣٧ كالورى (وحدة السعر الحرارى) .

الرياح وأثرها فى نقل الحرارة :

لاشك أن انتقال الهواء من مكان يصحب معه حرارته الى المكان الآخر. والكتل الهوائية تتألف من هواء متجانس الخصائص الطبيعية الى حد كبير، وتنساب من منطقة الى أخرى ، فتجلب اليها الدفء أو البرودة . ولذلك فان الموازنة الاشعاعية لا تتمشى مع المسار اليومى لدرجات الحرارة فى المناطق المعتدلة والمناطق المعتدلة الباردة بسبب كثرة ما يرد اليها من كتل هوائية متفاوتة الخصائص الحرارية .

خطوط الحرارة المتساوية :

هى عبارة عن خطوط تصل بين الأماكن التى تتساوى فى معدل درجة حرارتها،سواء منها الشهرية أم السنوية ، وذلك بعد أن تعدل هذه المعدلات الى مستوى سطح البحر .

فاذا كان متوسط حرارة المكان ١٢°م ، وارتفاع هذا المكان عن سطح

البحر يبلغ ٣٠٠٠ متر ، فاننا نزيد درجة مئوية واحدة عن كل ١٥٠ مترا للارتفاع ، بحيث تكون درجة حرارة هذا المكان على الخريطة هى ٣٢°م . وعلى ذلك فان حساب خطوط الحرارة المتساوية يكون على أساس واحد لجميع الأماكن ، وهو مستوى سطح البحر .

مزايا خطوط الحرارة المتساوية وعيوبها :

لخطوط الحرارة المتساوية مزايا وفوائد متعددة ، فهى تعطى صورة عامة عن توزيع الحرارة ، التى لا يمكن الحصول عليها بغيرها ، كما أن تعرجاتها وانثناءاتها تبين لنا أثر العوامل الجغرافية الكثيرة مثل توزيع اليابس والماء ، وتأثير التيارات البحرية الدفيئة والباردة ، وفعل الرياح الدافئة والباردة ، كما توضح أثر الغطاء النباتى وغير ذلك من العوامل الجغرافية الفاعلة (انظر شكل ٢٧ أ ، ب) .

وأهم عيوبها أنها لا تعطى صورة دقيقة عن درجات الحرارة الفعلية التى تؤثر تأثيرا مباشرا فى الحياة النباتية والحيوانية . ولهذا تستخدم درجات الحرارة الفعلية عند رسم خرائط محلية لاقليم أو قطر محدود المساحة .

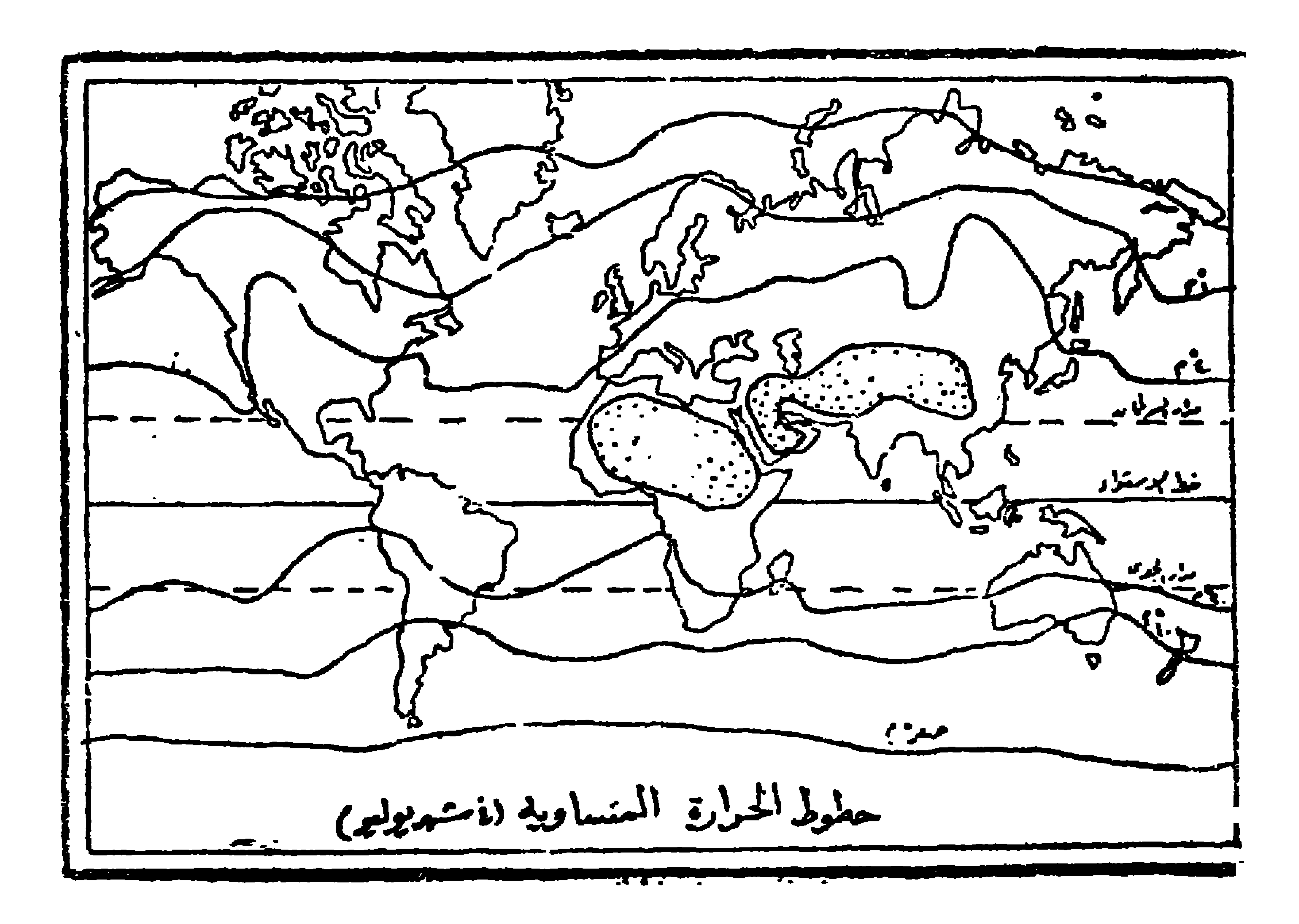
خرائط خطوط الحرارة المتساوية :

حينما ننظر الى خرائط تساوى الحرارة Isotherms نجد أن تلك الخطوط تتجه بصفة عامة من الشرق الى الغرب،تبعا لاتجاه دوائر العرض. وهذا أمر طبيعى ، لأن توزيع الحرارة يتأثر بدوائر العرض . ويصيب كل الأماكن التى تقع على دائرة عرض واحدة نفس القدر من أشعة الشمس . هذا باستثناء بعض العوامل المحلية التى قد يكون لها تأثير فى تغيير هذه الأحوال العامة .

واذا ما أجرينا مقارنة بين نصفى الكرة الشمالى والجنوبى ، لوجدنا أن خطوط الحرارة المتساوية السنوية تكون أقل تعرجا وأكثر استقامة فى نصف الكرة الجنوبى عنها فى النصف الشمالى . وذلك لارتفاع نسبة اليابس فى النصف الشمالى ، وسيادة الماء فى النصف الجنوبى .

خطوط الحرارة المتساوية فى الصيف :

وحينما ننظر الى خريطة خطوط الحرارة المتساوية Isotherms فى شهر يوليو نلاحظ الآتى شكل رقم (٢٧ ــ أ) :



شـكل رقم (٢٧ ـ أ)

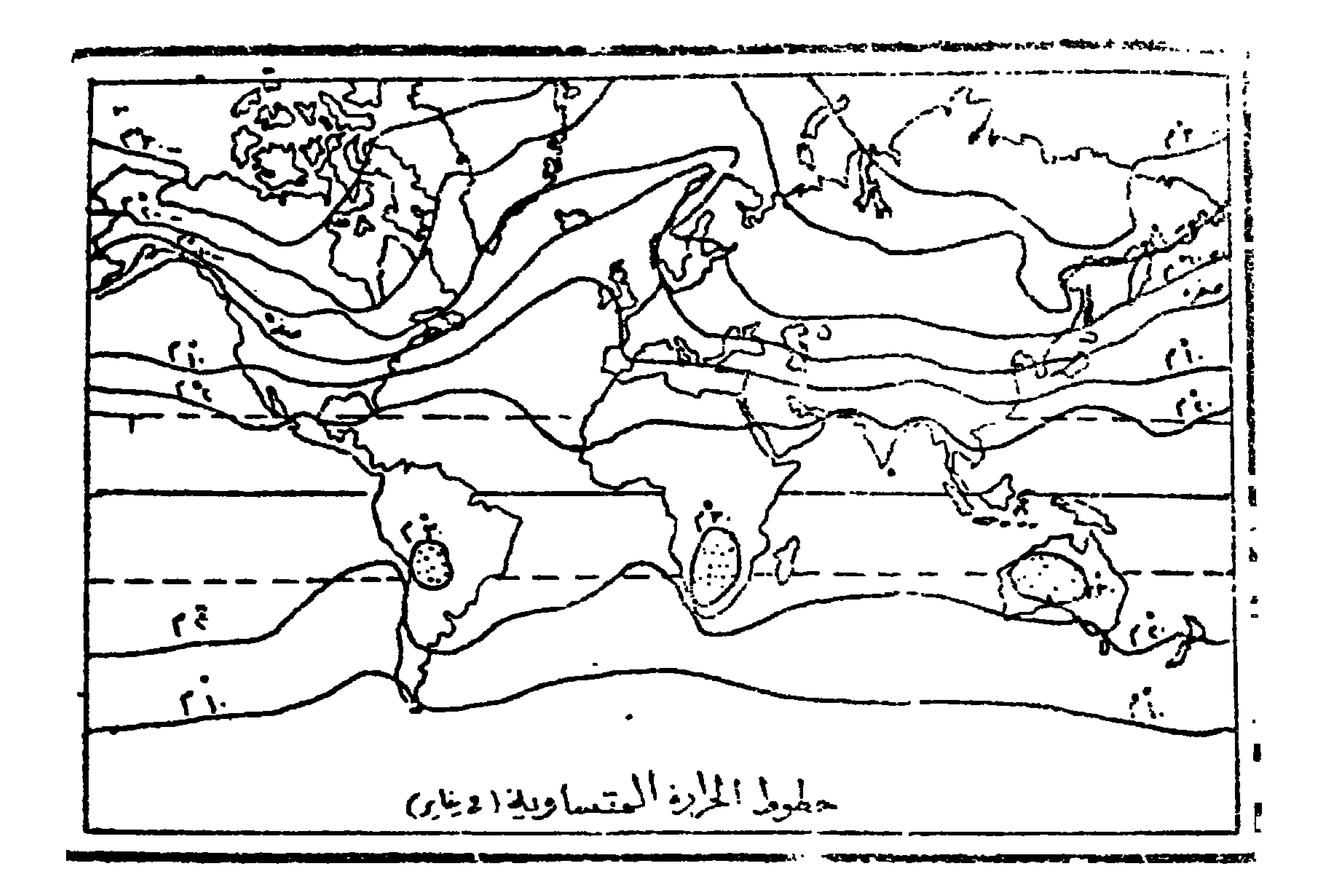
١ ـ أشد جهات العالم حرارة فى النصف الشمالى، حيث تقع الصحارى المدارية ممثلة فى الصحراء الكبرى الافريقية وصحارى غربى آسيا ووسطها، وفيها يبلغ المتوسط الحرارى أكثر من ٣٠ درجة مئوية ٠

٢ ـ لا أثر للتجمد (الانخفاض الحرارى لما دون الصفر) فى النصف الشمالى ، باستثناء شمال جرينلندا ، لذلك تكون جميـع موانيه مفتوحة للملاحة البحرية ٠

٣ ـ تنحنى خطوط الحرارة المتساوية نحو القطب على يابس النصف الشمالى لشدة حرارته ، ونحو خط الاستواء على محيطاته لانخفاض حرارة الميـاه نسبيـا ٠

٤ ـ يسير خط صفر درجة مئوية فى نصف الكرة الجنـوبى كأنه خط مستقيم لأنه يقع جميعه على المـاء ٠

٥ ـ لا أثر للتجمد فى قارات النصف الجنوبى لأنها لا تمتد كثيرا نحو القطب الجنـوبى ٠



شكل رقم (٢٧ ــ ب)

خريطة خطوط الحرارة المتساوية فى الشتاء :

وبالمثل يمكننا أن نتبين عدة ملاحظات على خريطة خطوط الحرارة المتساوية فى شهر يناير شكل رقم (٢٧ ــ ب) ٠

١ ــ تقع أشد جهات العالم برودة فى يابس النصف الشمالى فى أقصى شمال أمريكا الشمالية وشمال شرق سيبيريا ، حيث تهبط درجة الحرارة الى الى ــ ٤٠°م ، وهو ذلك الجزء من اليابس الذى يسمى (قطب البرودة) ، ولا نظير له فى شتاء النصف الجنوبى (باستثناء القارة القطبية الجنوبية)٠

٢ ــ تنحنى خطوط الحرارة المتساوية فى نصف الكرة الشمالى فجاة وبشدة نحو خط الاستواء فوق يابس القارات الباردة ، كما تنثنى فجاة وبشدة ايضا فوق المحيطات الأكثر دفئا (لاحظ تأثير كل من تيار الخليج الدافىء فى المحيط الاطلسى ، وتيار اليابان الدافىء فى المحيط الهادى) ، بينما فى يوليو نجد العكس صحيحا ٠

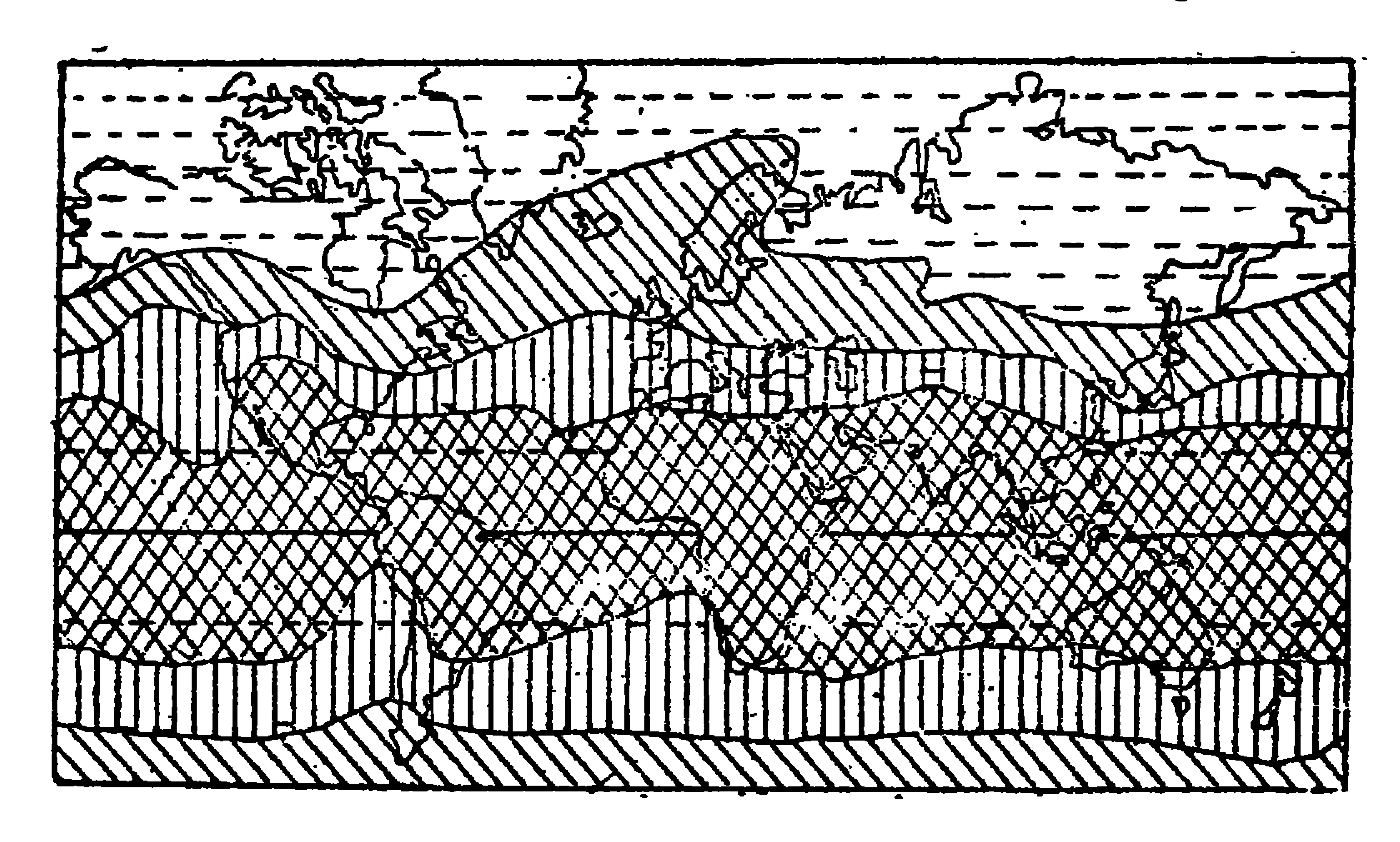
٣ ــ أشد جهات العالم حرارة فى يناير تقع فى النصف الجنوبى على

اليابس حول مدار الجدى حيث توجد صحراء استراليا وكلهارى وأتكاما التى يبلغ متوسط حرارتها ٣٠ درجة مئوية ٠

٤ ـ ينحنى خط الحرارة ٢٠ درجة مئوية نحو خط الاستواء قرب سواحل غرب أفريقيا وسواحل غرب أمريكا الجنوبية لوجود التيارات البحرية الباردة (تيار بنجويلا البارد وتيار بيرو البارد) ٠

المناطق الحرارية العامة :

بعد أن عرفنا سابقا أن الأساس فى توزيع الحرارة على سطح الأرض هو مقدار تعامد الشمس على دوائر العرض المختلفة ، فان الأقاليم الاستوائية تكون حارة ، أما الاقاليم القطبية فهى باردة ، وفيما بين هذه الأقاليم تتدرج درجة الحرارة تبعا لبعد الاقليم عن خط الاستواء أو القرب من القطبين ٠ ولما كانت خطوط العرض لا تكون فواصل دقيقة بين المناطق الحرارية على سطح الأرض ، لذا فقد قسم الجغرافيون سطح الأرض الى مناطق حرارية على أساس المتوسط السنوى لدرجة الحرارة ، ويمكن أن نلخص هذه المناطق الحرارية العامة فيما يلى (انظر الخريطة شكل ٢٨) ٠



المنطقة الحارة — المنطقة المعتدلة الباردة
« المعتدلة الدفيئة — « الباردة

شكل رقم (٢٨) المناطق الحرارية

١ ـ المنطقة الحـــارة :

وهى المنطقة فيما بين مدارى السرطان والجدى • وتمتاز بقلة التغيرات بين فصول السنة ، ويبلغ فيها المتوسط السـنوى لدرجة الحرارة ٢٠°م أو أكثر ، الا أن الحرارة تزداد فى فصـلى الربيع والخريف • نظرا لتعـامد الاشعاع الشمسى عليها •

٢ ـ المنطقتان المعتدلتان :

المنطقة الاولى شمالية فيما بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية أما الثانية فهى جنوبية فيما بين مدار الجدى والدائرة القطبية الجنوبية ، ومتوسط الحرارة السنوى بها ١٥°م ، وكل منهما حارة فى الصيف ومعتدلة فى الشتـــاء •

٣ ـ المنطقتان الباردتان :

وتقع المنطقة الأولى شمال الدائرة القطبية الشمالية ، والثانية جنوب الدائرة القطبية الجنوبية • ولا يتعدى المتوسط الشهرى للحرارة فيهما ١٠°م الا فى أربعة أشهر •

٤ ـ المنطقتان القطبيتان :

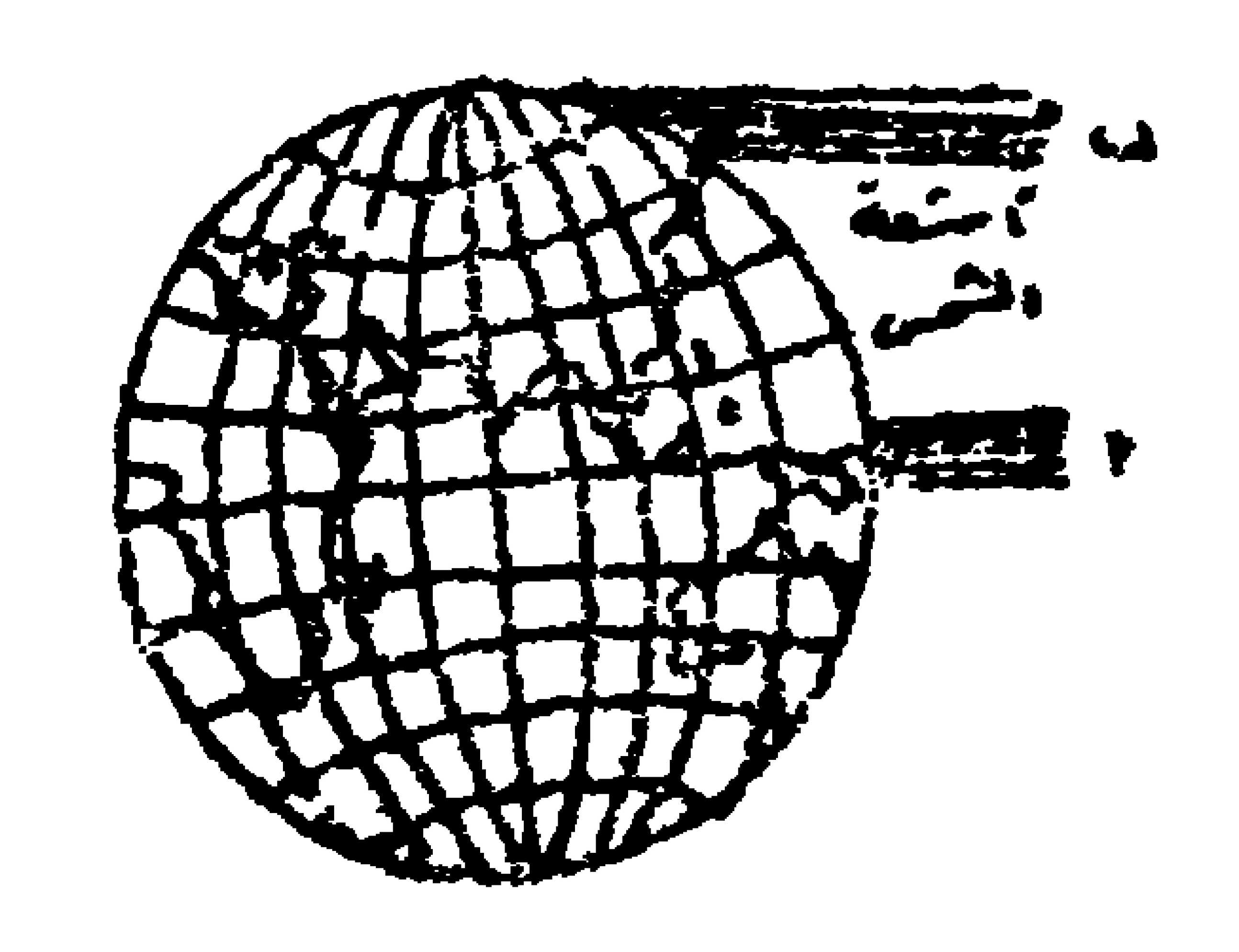
وفيهما يقل المتوسط الشهرى للحرارة عن ١٠°م على مدار السنة •

العوامل المؤثرة فى توزيع الحرارة على سطح الأرض

هناك عوامل رئيسية لها أثر واضح فى الحالة المناخية لأى مكان على سطح الأرض هى :

أولا ـ موقع المكان بالنسبة لخط العرض :

يتأثر مناخ أى مكان بحسب قربه أو بعده عن خط الاستواء ، فكلما كان المكان قريبا من خـط الاستواء ارتفعت درجة حرارته ، وكلما بعـد عنه انخفضت درجة حرارته • والسبب فى ذلك أن الجهات الاستوائية أكثر من غيرها تعرضا لأشعة الشمس العمودية • فالأشعة التى تصـل عمودية الى الأرض تكون أقوى من الأشعة التى تصلها مائلة ، لأن الأشعة المائلة تخترق مسافة أطول فى الجو ، فتفقد قسما أكبر من قوتها ، بينما الأشعة العمودية التى تخترق مسـافة أقصر تفقـد قسما أقل • أضـف الى ذلك أن الأشـعة العمودية تتركز فى مساحة أصـغر من سطح الأرض فتزداد قـوتها ويعظم تأثيرها ، بينمـا تتوزع الأشعة المـائلة على مسـاحة أكبر فيقل تركيزها ويضمحل تأثيرها شكل رقم (٢٩) •



شكل رقم (٢٩) الاشعة العمودية «أ» الاشعة المائلة «ب»

ثانيا ـ توزيع اليابس والمـاء :

ترسل الشمس أشعتها الى سطح الكرة الأرضية فيسخن اليابس والماء ، ولكن اليابس يسخن بسرعة أكثر من الماء ، وسبب ذلك طبيعة الماء السائلة ، وتحركه فى هيئة أمواج وتيارات مـائية • وحركات مـد وجزر ، وكل ذلك يؤدى الى توزيع الحرارة على سطوح أكبر من الماء ، وعدم حصرها فى جزء محدود كما هو الحال فى اليابس • أضف الى ذلك أن أشعة الشمس تستطيع أن تنفذ خلال الماء الى عمق كبـير بسبب شفافيته مما يـؤدى الى توزيع الاشعاع الشمسى فى سمك كبير من الماء ، بينما يتركز الاشعاع فى سمك رقيق فى حالة اليابس المعتم الذى يتصف برداءة التوصيل للحرارة •

وبما أن الأجسام التى تمتص حرارتها بسرعة تفقـدها بسرعة أيضا ، فان اليابس يسخن ويبرد بسرعة فى حين يسخن ويبرد الماء ببطء نظرا لأن **الحرارة النوعية** (وهى مقياس للطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء درجة مئوية واحدة) **للماء تبلغ ثلاثة أمثال الحرارة النوعية لليابس** ، وتبعـا لذلك فان كل جرام من الماء يحتاج لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة الى ثلاثة أمثال الحرارة التى يحتاج اليها جرام واحد من مادة اليابس ، ويترتب على ذلك ان هواء البحر يكون أبرد من هـواء اليابس فى فصل الصيف وأدفأ منه فى فصل الشـتاء ، ولهذا يؤثر البحر فى منـاخ الجهات القريبة منه •

ثالثا ـ الارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر (التضاريس) :

من المعروف أن درجة الحرارة تنخفض درجة مئوية واحدة كلما ارتفعنا عن سطح البحر بمقدار ١٥٠ مترا • والعكس فان درجة الحرارة ترتفع درجة مئوية واحدة كلما هبطنا الى مستوى سطح البحر بمقدار ١٥٠ مترا • وعلى ذلك فان المرتفعات أقل حرارة من السهول المنخفضة لهذا نجد سكان السهول يتخذون المرتفعات كمصيف وقت اشتداد الحرارة والرطوبة فى السهول •

التيارات البحرية فى العالم

الاستوائى الشمالى
الاستوائى الجنوبى
التيار الجنوبى

باردة
دفيئة

شكل رقم (٣٠) التيارات البحرية

ويدل انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع على أن سطح الأرض هو مصدر الحرارة التى تسخن الهواء ، أى أن الهواء يسخن بملامسته لسطح الأرض . ومع أن أشعة الشمس تسخن طبقات الهواء العليا بطريق مباشر أثناء مرورها خلالها فى طريقها الى سطح الأرض، الا أن مقدرة الهواء العلوى على امتصاص أشعة الشمس ضعيفة بعكس الطبقات السفلى من الهواء التى تستطيع امتصاص كمية أكبر من الاشعاع الشمسى ، بسبب كثرة ما يعلق بها من غبار وبخار ماء .

ولاتجاه امتداد السلاسل الجبلية الكبرى أثر فعال فى التوزيع الجغرافى لدرجات الحرارة . ذلك أن امتداد جبال الألب من الغرب نحو الشرق يمنع الكتل الهوائية الباردة من الوصول شتاء الى سواحل أوروبا الجنوبية التى تتعرض حينئذ للاشعاع الشمسى المشرق ، فصارت مشاتى دافئة فى سواحل الريفييرا الفرنسية والايطالية كما وتسمح للرياح الغربية بالتوغل فى داخلية القارة ، فتمنحها الدفء شتاء ، واعتدال الحرارة صيفا . ومثل هذا التأثير نجده معكوسا فى أمريكا الشمالية حيث تمتد جبال الروكى من الشمال صوب الجنوب ، مما جعل يابس القارة معرضا للكتل الهوئية القطبية الباردة التى تتوغل حتى جنوبى القار شتاء .

رابعا ـ التيارات البحرية :

تدفع الرياح المياه السطحية فى البحار والمحيطات ، وتسبب لذلك تيارات بحرية تسير بحذاء شواطىء القارات ، وتؤثر هذه التيارات على مناخ الجهات الساحلية لهذه القارات . فاذا كانت هذه التيارات آتية من جهات أبرد من الجهات التى تسير اليها تسبب انخفاضا فى درجة الحرارة وجفافا فى المناخ ، اما اذا كانت آتية من جهات أدفأ من الجهات التى تقصدها سبب ذلك ارتفاعا فى درجة الحرارة ورطوبة فى الجو .

فلو نظرت الى شكل (٣٠) ترى أنه يوجد بالمحيط الأطلنطى تيارات دفيئة تدفعها الرياح العكسية الجنوبية الغربية نحو أوربا ، فتجلب الأمطار والدفء الى السواحل الغربية للقارة (ماهى هذه التيارات) . وهناك تيارات باردة تاتى الى السواحل الشمالية الغربية لقارة أفريقية ، وكذلك الى الجهات الجنوبية الغربية منها (تتبعها على الخريطة) فى حين أن التيارات الاستوائية تكون دافئة دائما سواء فى شرق القارة أو غربها ، فتزيد من حرارة الجهات الساحلية الاستوائية ، وتزيد أيضا من رطوبتها .

خامسا ـ الرياح :

للرياح تاثير كبير على مناخ الاقليم الذى تهب عليه ، فاذا كانت تهب من

جهات دفيئة فانها ترفع حرارة الاقليم ، أما اذا كانت تهب من جهات باردة فانها تخفض من درجة حرارته ، واذا كانت هذه الرياح محملة ببخار الماء وانخفضت درجة حرارتها أثناء هبوبها فانها تسقط الأمطار ، أما اذا كانت آتية من جهات جافة كالصحارى مثلا فلا تسقط أمطارا .

وتتأثر درجة الحرارة فى مختلف البقاع تأثيرا شديدا **بالتغير فى اتجاه الرياح ، وتتابع الكتل الهوائية** . فهذه وتلك مسئولتان عن نقل الطاقة من المناطق المدارية الغنية بها ، الى المناطق التى تفتقر اليها مثل المناطق القطبية والباردة . كما تقوم الرياح بنقل الحرارة الكامنة من المسطحات المائية المدارية الى اليابس ، علاوة على وظيفتها المهمة فى نقل الحرارة المحسوسة .

واذا كان للكتل الهوائية والرياح الدائمة السائدة كالرياح العكسية والتجارية والقطبية تأثيراتها المهمة فوق مساحات شاسعة ، كل منها فى مجالات هبوبها فى نصفى الكرة ، **فان للرياح المحلية تأثيراتها البينة فى** المناطق المحدودة المساحات التى تهب عليها ، ويقتصر هبوبها على فصول معينة من السنة ،ويتصف بعضها بارتفاع الحرارة ، وبعضها الآخر بالبرودة .

سادسا ـ الغطاء النباتى :

يساعد الغطاء النباتى على تعديل درجات الحرارة . فكلما زادت كثافته كلما أدى ذلك الى تلطيف حرارة الجو . ذلك أن النبات ينظم اكتساب سطح الأرض للاشعاع الشمسى ، وفقدانها للحرارة بالاشعاع الأرضى . فالنبات يمتص بعض الاشعاع ، كما أن عملية النتح تزيد كمية بخار الماء فى الجو . وعكس ذلك نجده فى المناطق الصحراوية الجرداء ، حيث يسقط الاشعاع الشمسى على أرض عارية مكشوفة فيلهبها ، ويصبح جوها حارا بالاشعاعين الشمسى والأرضى ، وذلك لغياب الغطاء النباتى المنظم والملطف والملطف للحرارة .

التغير الرأسى فى درجة الحرارة :

تنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا الى أعلا فى الأغلب الأعم ، وذلك بمعدلات تتباين بحسب الحالة الجوية السائدة ، وتبعا لمدى الارتفاع . والشواهد على ذلك كثيرة ، يشعر بها المتسلق للمناطق العالية ، الى أن يصل الى أعالى الجبال الشاهقة حيث يرى قلنسوات جليدية تغطى قممها .

ويرجع ذلك للأسباب الآتية :

١ ـ انقطاع الصلة بين كتلة الهواء الصاعد وبين المصدر المباشر لتزويدها بالطاقة الحرارية ، وهو سطح الأرض،عن طريق اشعاعه الحرارى الذى يقوم بتسخينها حينما تكون ملامسة له او قريبة منه .

٢ – تقل المواد العالقة فى الجو كلما ارتفعنا ، لأن سطح الأرض هو المصدر الرئيسى لتلك المواد العالقة ولعناصر الجو من الغازات الثقيلة ومنها ثانى أكسيد الكربون وكلها عوامل معاونة فى تسخين الجو كما قدمنا .

٣ – انخفاض وزن الهـواء ، ومن ثم ضغطه كلمـا ارتفعنا ، وذلك لتخلخله . وتبعا لذلك تنخفض حرارته ، لأن حركة ذراته تقل ، وبالتالى يتناقص اصطدامها ببعض ، ممـا يقلل من الطاقة الحرارية النـاشئة عن التصـــادم .

عدم انتظام تبريد الهواء بالارتفاع :

يعرف معدل انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع باسم **معدل التناقص الحرارى الذاتى أو التبريد الذاتى Adiabatic Lapse Rate** ويتبـاين هـذا المعدل من وقت لآخر ومن منطقة لأخرى تبعا لجفاف الهواء أو رطوبته. ولذلك فهناك ما يعرف **بمعدل التبريـد أو التنـاقص الحرارى الـذاتى الجـاف Dry Adiabatic Lapse Rate** وما **يسمى معـدل التبريد الـذاتى الـرطب Saturated Adiabatic Lapse Rate** .

معدل التبريد الذاتى الجاف :

الحالات التى يشيع فيها معدل التناقص الحرارى الذاتى الجاف حالات قليلة ، تقتصر على الطبقات السفلى من التروبوسفير فى الصحارى الجافة . ومعدل التبريد بالارتفاع فى هذه الحالات يكون ثابتا ، ويسـاوى ٩٨ر٠°م (حوالى درجة مئوية واحدة) لكل ارتفاع مقداره مائة متر . ويرجع ثبات معدل التبريد الذاتى الجاف الى أن أى كتلة جافة من الهواء حينما تصعد تنقطع صلتها بالاشعاع الأرضى الذى يزودها بالحرارة ، كما أنها تصبح فى شبه عزلة من مصادر الطاقة الأخرى كبخار الماء، ولذلك فانها تفقد باستمرار ارتفاعها قسما من طاقتها الذاتية الخـاصة ، فتتناقص حرارتها بمعدلات مستقرة ثابتة .

معدل التبريد الذاتى الرطب :

يعتبر معدل التناقص الذاتى الرطب هو التناقص السـائد فى الغلاف الجوى ، وهو يعادل ٦ر٠°م لكل ارتفاع مقداره ١٠٠ متر . وسبب انخفاض معدل التبريد الرطب ، أن الهواء الرطب الذى يرتفع الى أعلى ، يبرد ، فتؤدى برودته المستمرة الى تكاثف بخـار الماء الموجود به على دفعـات تدريجية ، فتنطلق الحرارة الكامنة به الى الهواء، فتعوض قسما من الحرارة التى يفقدها بالارتفاع ، أى يؤدى انطـلاق الحرارة الكامنة فى بخـار الماء المتكاثف الى تقليل معدل التبريد الذاتى للهواء بالارتفاع .

والواقع أن معدل التبريد الذاتى الرطب غير مستقر ولا ثابت مثل معدل التبريد الذاتى الجاف ، لانه يتغير كثيرا لاختلاف نسبة الرطوبة ، ومدى سرعة الكتل الهوائية الصاعدة من مكان لآخر .

هذا ويطلق على معدلات التبريد الذاتى الجاف والرطب اسم **معدلات التبريد الذاتى العادى** Normal Adiabatic Lapse Rate . **أما معدل التبريد الذاتى الحقيقى** Actual Adiabatic Lapse Rate فيتم رصده فى مكان معلوم رصدا تفصيليا ، بحيث تقاس حرارة الهواء رأسيا فوق المكان خلال فترة معينة .

الانقلاب الحرارى :

حينما تزداد درجة الحرارة أحيانا بالارتفاع **يسمى ذلك الانقلاب الحرارى** Temperature Inversion . وغالبا ما يحدث الانقلاب الحرارى حتى ارتفاع يصل الى نحو كيلو متر واحد ، ثم تعود الحرارة فوق ذلك الى النقصان بالارتفاع . وكما يدل الاسم فان هذه الظاهرة المناخية تمثل انقلابا فى الاتجاه العام لتناقص درجة الحرارة ، **ذلك أن تناقص الحرارة بالارتفاع هو القاعدة ، والانقلاب هو الشذوذ .**

ويمكن تمييز الحالات التى يحدث بسببها الانقلاب الحرارى فيما يلى :

١ - **برودة سطح الأرض :** فى ليالى الشتاء الباردة ، خصوصا حينما تصفو السماء ، وتخلو من الغيوم ، وتهدأ الرياح ، وتسود فترات السكون . حينئذ يشتد ساعد الاشعاع الأرضى وينفذ بسهولة الى الفضاء فيبرد سطح الأرض كثيرا ، بينما الهواء الساكن من فوقه يكون محتفظا بحرارته . ولذلك نلاحظ ازدياد فى درجات حرارة الهواء بالارتفاع عن سطح الأرض البارد . ويكثر حدوث الانقلاب الحرارى فى شتاء الأقاليم المعتدلة والباردة، حين يكون النهار قصيرا والليل طويلا .

وعلى الرغم من أن سمك طبقة الهواء التى تتاثر عادة بالانقلاب الحرارى يحوم حول كيلو متر واحد ، فان هذا السمك يتباين تبعا لعوامل محلية أهمها مدى طول الليل ، ومقدار سرعة الرياح ، ونسبة بخار الماء فى الجو ، ونسبة التغيم ونوعه . فهذه الطبقة تزداد سمكا كلما طال الليل (بسبب ازدياد فترات الاشعاع الأرضى) ، وكلما قلت نسبة التغيم وانخفضت الرطوبة ، ولهذا نجد هذه الطبقة سميكة فى داخلية القارات ، ورقيقة فوق الأراضى الرطبة والمسطحات المائية حيث تعمل كثرة السحب وبخار الماء على حفظ الاشعاع ومنعه من الهروب الى الفضاء .

ولما كان هذا الانقلاب الحرارى يحدث بسبب فقدان سطح الأرض

لحرارته بواسطة الاشعاع الارضى ، فانه يعرف أحيانا **بالانقلاب الاشعاعى** . **Radiation Inversion**

٢ ـ **عند حدوث نسيم الجبل** ، ويتم ليلا ، حيث يبرد الهواء الذى يغلف قمم الجبال ، فيزداد كثافة وثقلا ، وتبعا لذلك ينزلق بامتداد سفوح الجبال نزلا الى بطون الأودية عند أسافل الجبال ، ويتراكم فيها ، ولهذا تنخفض حرارة بطون تلك الأودية ، بينما يتحرك الهواء الدافىء ويعلوه . وبذلك يحدث الانقلاب الحرارى . فيكون الهواء فى بطون الوديان الجبلية باردا ، ويزداد دفء بالارتفاع . ويفيد سكان الجبال من تلك الظاهرة ، فيقومون بتسوية السفوح الجبلية فى مدرجات يزرعونها بالأشجار المثمرة والمحاصيل التى تتطلب الدفء ، والتى يضرها الصقيع ،ويتجنبون زراعتها فى الوديان المنخفضة التى تتعرض لتكوين الصقيع ليلا .

٣ ـ **حينما تتقابل كتل هوائية مختلفة الخصائص الحرارية** فيتحرك الهواء البارد الأكثف والاثقل أسفل الهواء الأكثر حرارة والأقل كثافة ، وبذلك يحدث انقلاب حرارى فتزداد الحرارة بالارتفاع .ويعرف هذا الانقلاب باسم **انقلاب الجبهة أو الانقلاب الحرارى الجبهوى** **Frontal Inversion** نسبة الى الجبهة الهوائية التى تمثل الحد الفاصل بين الكتلتين الهوائيتين الباردة السفلى والساخنة التى تعلوها .

٤ ـ **حينما يكون سطح الأرض مغطى بالجليد** ، وتهب عليه كتل هوائية دافئة . حينئذ ينقلب التتابع الحرارى الرأسى ، فيصبح الهواء الملامس للجليد باردا ، وتزداد الحرارة بالارتفاع عنه الى مستويات تتناسب مع سمك كتل الهواء الدافىء . ويكثر حدوث هذا النوع من الانقلاب الحرارى لأقاليم العروض العليا التى تتعرض لهبوب كتل هوائية مدارية بحرية دافئة .

٥ ـ **حينما يهب هواء دافىء فوق التيارات البحرية الباردة** ، وتتأثر المستويات السفلى لهذا الهواء ببرودة مياه التيار ، ويبقى ما فوقها من مستويات دافئا ، ومن ثم تتدرج مستويات الهواء فوق مياه التيار من البرودة الى الدفء كلما ارتفعنا .

٦ ـ **هبوط كتل هوائية باردة من طبقات الجو العليا وانسيابها أسفل الهواء الدافىء**،ويحدث هذا النوع من الانقلاب الحرارى فى الجهات المعتدلة بحلول أضداد الأعاصير أو المرتفعات الجوية التى يشيع فيها هبوط التيارات الهوائية . ويسمى هذا النوع من الانقلاب الرأسى فى الحرارة باسم الانقلاب الحرارى بسبب الهبوط .

الفصل الخامس

الضـــغط الجـــوى
وعلاقته بالدورة الهوائية العامة

- تعريف الضغط الجوى .
- العوامل المؤثرة فى الضغط الجوى .
- أجهزة قياس وتسجيل الضغط الجوى .
- تناقص الضغط الجوى ، وتغير معدلاته بالارتفاع .
- خطوط الضغط الجوى المتساوى .
- الضغط الجوى والدورة الهوائية العامة .
- المناطق الرئيسية للضغط الجوى .
- التوزيع الحقيقى للضغط الجوى .
- انحدار الضغط الجوى وعلاقتة بنشأة الرياح .
- اقتران مراكز تجمع الهواء وتفرقه بمراكز الضغط الجوى المنخفض والمرتفـــع .
- التوزيع الجغرافى للضغط الجوى صيفا وشتاء فى نصفى الكرة الشمالى والجنـــوبى .

الضغــط الجــوى :

الهواء كسائر المواد له وزن وثقل معين ، ويمكنك أن تثبت ذلك عن طريق وزن زجاجة مملوءة بالهواء ثم وزنها بعد تفريغ الهواء منها • فتجد أن وزنها فى الحالة الاولى أكبر من وزنها فى الحالة الثـانية • وكلما كـان الجسم ثقيلا كلما كان ضغطه كبيرا ، والعكس صحيح •

قياس الضغـط الجـوى :

ويعرف مقدار وزن الهواء فوق أى مكان (بالضغط الجوى) وهو يعادل عمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا أو ٣٠ بوصة ، ويحسب متوسطه اما بالسنتيمتر أو المليمتر أو بالبوصة وأجزائها ، أو بالمليبار (وهــو يساوى ٧٥ر من المليمتر أو ٠٣ر من البوصة تقريبا) • وتبعـا لذلك يكـون ضغط الهواء على سطح الأرض كبيرا عند مستوى سطح البحر،ويقل تبعا للارتفاع وذلك لتناقص ثقل الهواء بالارتفاع لتخلخله ، وقلة كثافته فى الطبقات العليا عنه فى الطبقات السفلى •

العــوامل المؤثرة فى الضغط الجوى.

هناك عدة عوامل تؤثر فى الضغط الجوى هى :

١ ـ درجة الحرارة :

فــاذا ارتفعت تمــدد الهواء وخف وزنه وانخفض ضـغطه ، والعكس صحيح ، لذلك يكون الضغط مرتفعا فى الصباح والشتاء لانخفاض الحرارة، ومنخفضا عنـد الظهر وأثناء الصـيف لارتفاع الحرارة • ولهذا فان توزيع الحرارة على سطح الأرض من أهم العوامل التى تتحكم فى توزيع الضغط الجــوى •

٢ ـ كمية بخار الماء العالق بالجو :

من المعروف أن بخار المــاء أخف من الهواء فى الطبقــات السفلى من الغلاف الجوى • فاذا كثر الهواء خف وزنه وانخفض ضـغطه ، واذا قل وجوده فى الهواء ارتفع الضغط •

٣ ـ حركة الهــواء الراسية :

فاذا كان الهواء صـاعدا ، تخلخل وانخفض ضغطه ، كما يحـدث فى

النطاق الاستوائى ، واذا كان الهواء هابطا تضاغط وارتفع ضغطه لازدياد ثقله ، كما يحدث فى النطاقات المدارية ٠

٤ ـ الارتفاع عن مستوى سطح البحر :

فكلما زاد الارتفاع كلما نقص وزن الهواء وقل ضغطه ، بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى ، وتخلخل الهواء وقلة كثافته ٠

٥ ـ توزيع اليابس والماء :

ينخفض الضغط على اليابس نهارا وصيفا ، وعلى المسطحات البحرية والمحيطية ليلا وشتاء ، والعكس صحيح ٠ وذلك لان توزيع اليابس والماء يؤثر فى درجة الحرارة ، وهذه تؤثر بدورها فى الضغط ٠ لذلك يختلف الضغط على اليابس والماء فى نفس خطوط العرض ٠ وهذا واضح جدا فى النصف الشمالى فى يوليو بين خطى عرض ٤٠ ـ ٧٠ درجة شمالا حيث يزداد تداخل اليابس والماء ٠

أجهزة قياس الضغط الجوى وتسجيله

يقدر الضغط الجوى بواسطة :

١ ـ البارومتر الزئبقى   ٢ ـ البارومتر المعدنى ٠

وهما جهازان للقياس ٠

٣ ـ الباروجاف : وهو جهاز للتسجيل ٠

البارومتر الزئبقى :

يتكون البارومتر الزئبقى كما فى شكل رقم (٣١) :

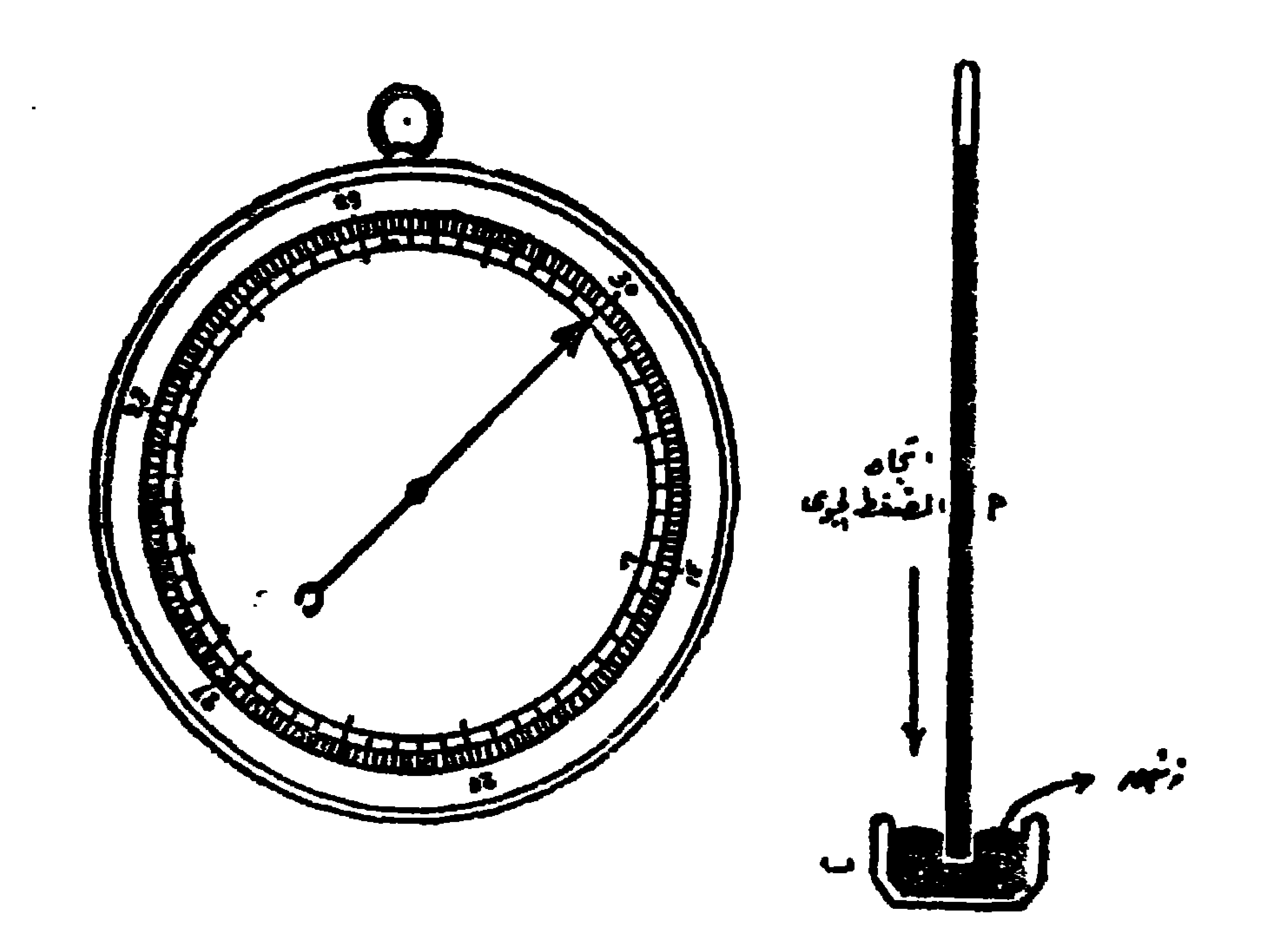
أ ـ انبوبة بها زئبق طرفها الاعلى مقفل ، وطرفها الاسفل مفتوح ومنكس فى حوض به زئبق ٠

ب ـ حوض به زئبق سطحه معرض للجو ٠

وكلما زاد الضغط الجوى على سطح الحوض ارتفع الزئبق فى الأنبوبة ٠ ويحدث العكس اذا انخفض الضغط الجوى ٠

أما البارومتر المعدنى :

فهو يشبه الساعة شكل رقم (٣٢) وهو عبارة عن صندوق معدنى مستدير ، تستخدم به صفائح معدنية مفرغة من الهواء ، تتأثر بالضغط الجوى فتحرك المؤشر الذى يبين مقدار الضغط الجوى على قرص مدرج ٠



شكل (٣١) البارومتر الزئبقى   شكل (٣٢) البارومتر المعدنى

جهــاز الباروجراف :

ويتركب جهاز الباروجراف الذى يسجل بنفسه الضغط الجوى مما يأتى شــكل رقم (٣٣) :

١ ــ صفائح معدنية تتاثر بالضغط الجوى ، فتتحرك الى أسفل اذا زاد الضغط ، والى أعلى اذا قل هذا الضغط .

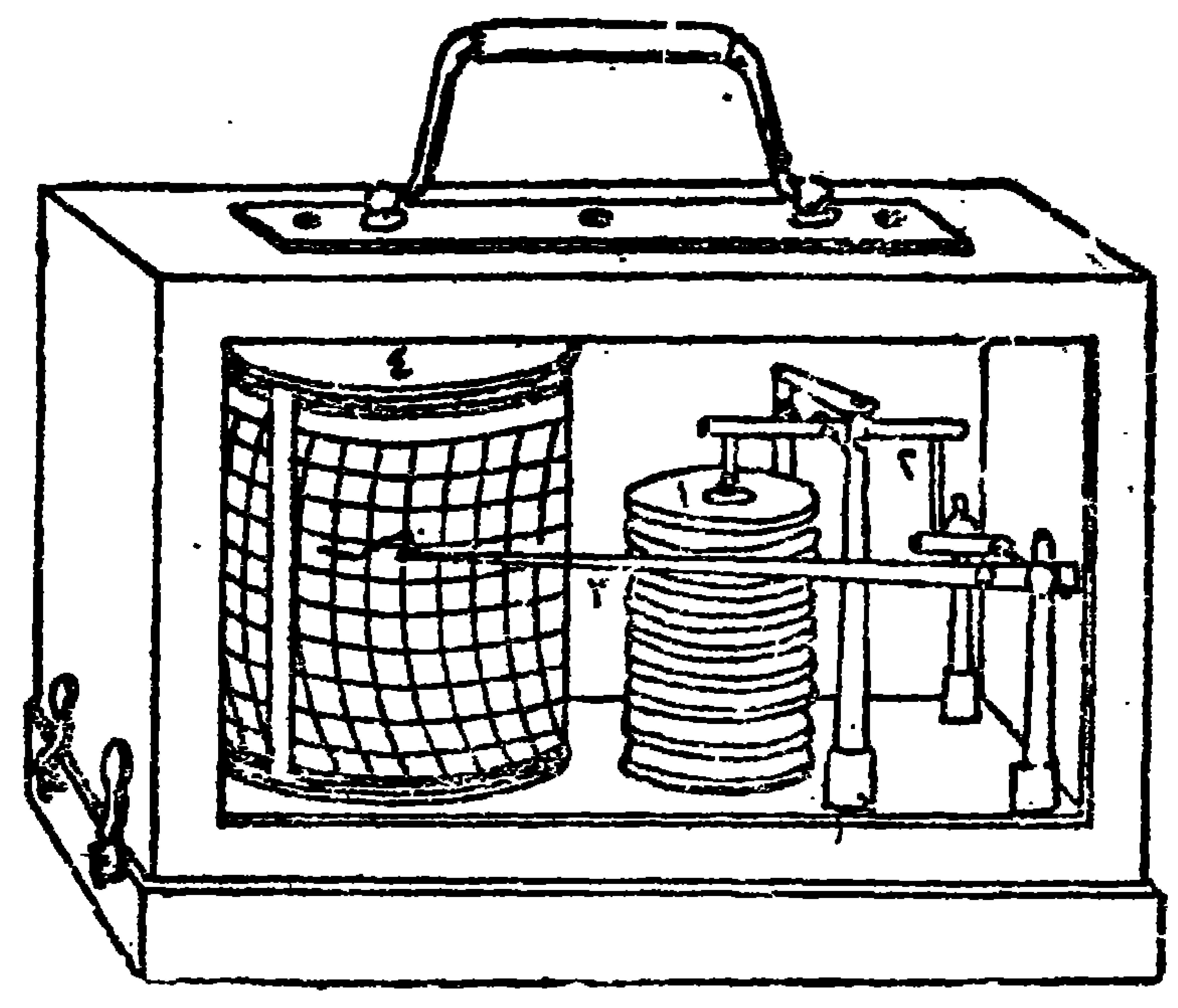
٢ ــ عدة روافع تنقل حركة الصفائح الى ذراع متصل بها .

٣ ــ ذراع فى نهايته ريشــة ، ويتحرك الذراع تبعــا لحركة الصفائح فيرتفع الى أعلى أو الى أسفل .

٤ ــ أسطوانة تدور بواسطة ساعة دورة كاملة كل أسبوع،ويثبت عليها ورقة بيانية خاصة ، ترسم عليها الريشة خطا يبين سير الضغط الجوى خلال الاسبــوع .

كيفية اعداد الباروجراف للاستعمال :

يتبع فى اعــداد الباروجراف للاستعمال نفس الخطــوط التى اتبعت فى اعداد جهاز الترموجراف .



شكل رقم (٣٣) جهاز الباروجراف (مسجل الضغط الجوى)

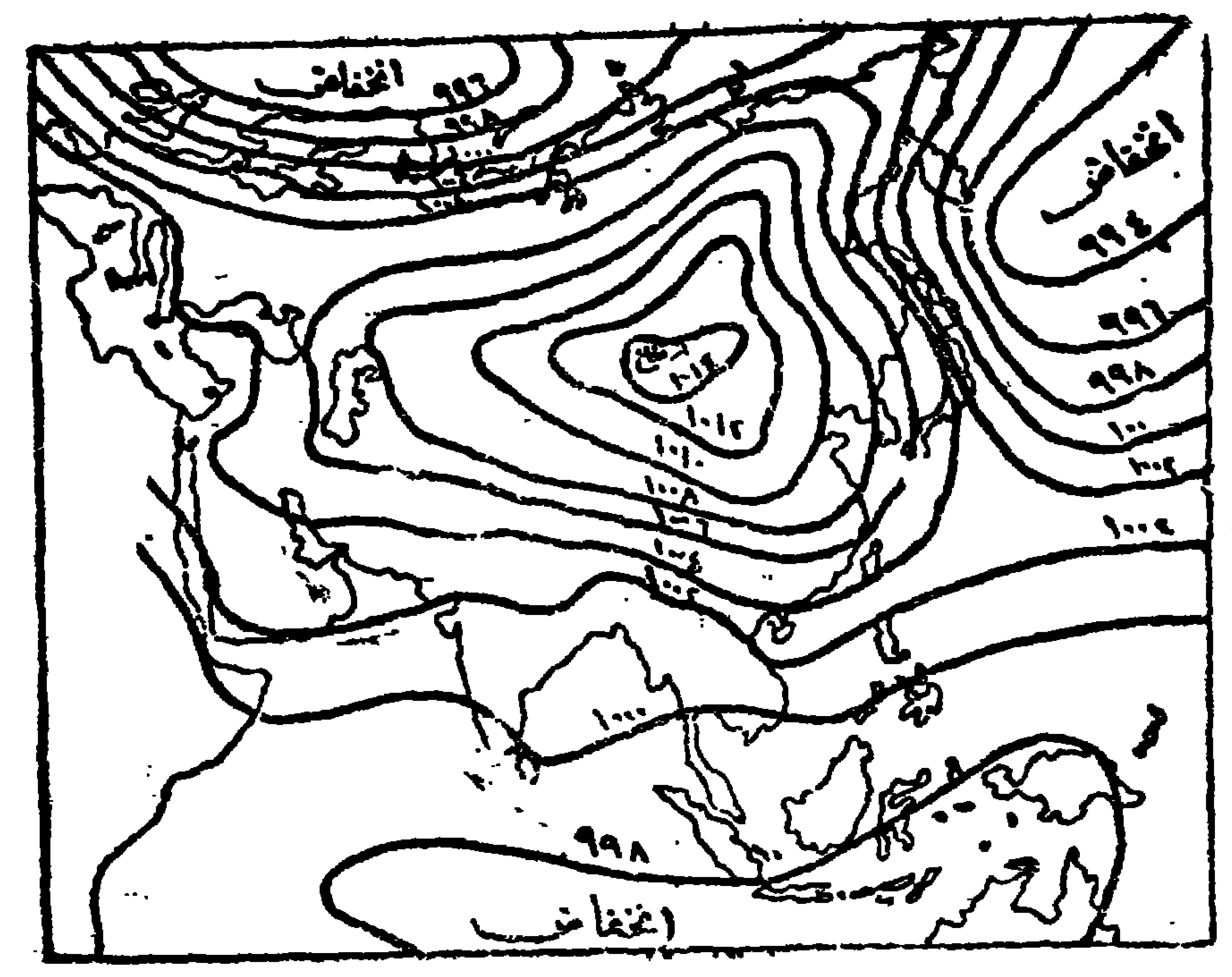
خطوط الضغط المتساوى :

وهى الخطوط التى تصل بين الاماكن التى يتساوى فيها الضغط الجوى فى ساعة معينة من اليوم كما هو الحال فى خرائط الطقس ، أو فى شهر أو فى سنة ، وذلك بعد تعديله الى مستوى سطح البحر ، كما هو الحال فى خطوط الحرارة المتساوية ، حيث أن الضغط يقل بالارتفاع بمقدار مللّيبار واحد لكل ارتفاع مقداره ١٠ ــ ١٢ متر وذلك فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى . (أنظر شكل رقم ٣٤ ، ٣٥) .

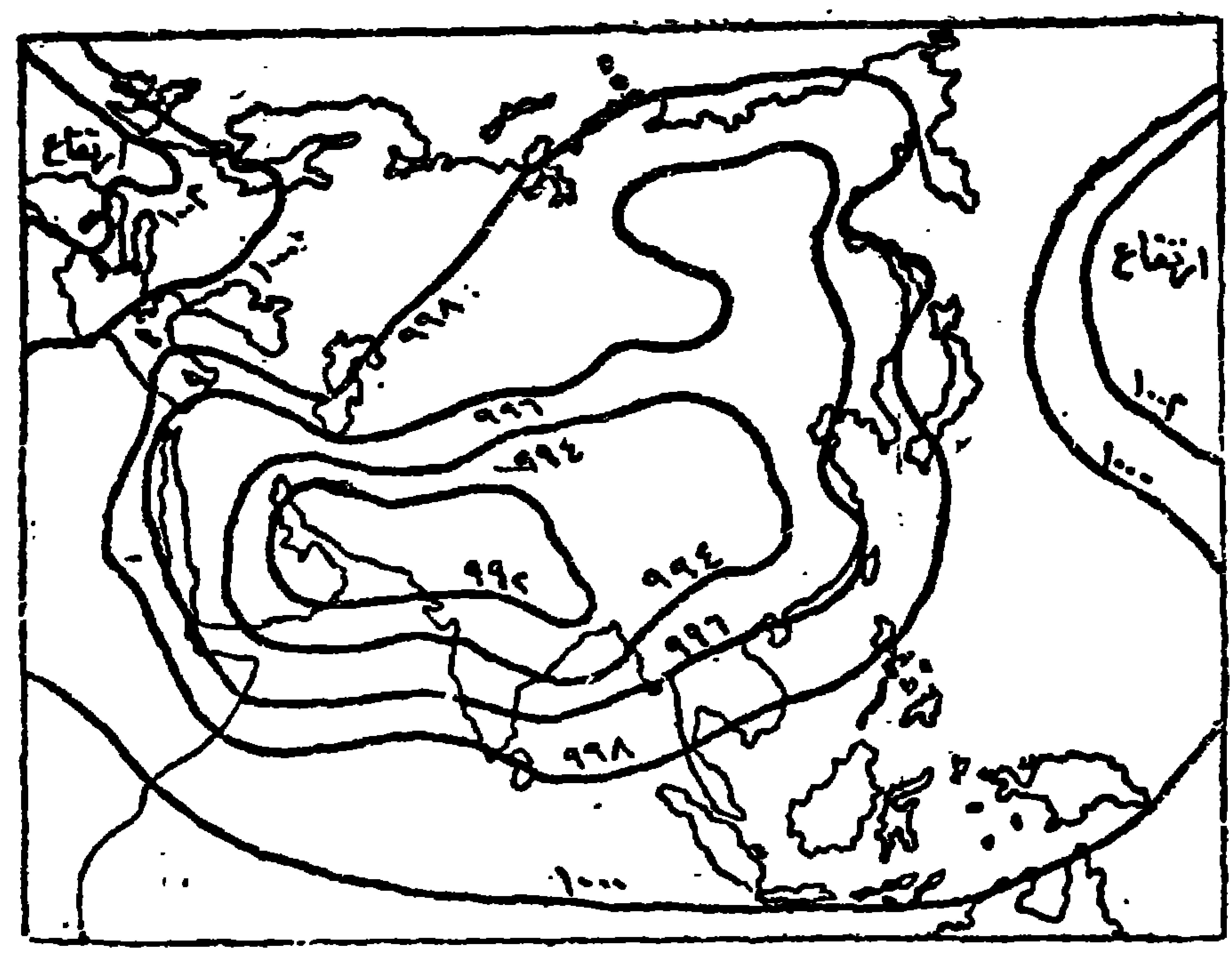
وخطوط الضغط المتساوى Isobars مهمة بصفة خاصة فى دراسة خرائط الطقس Synoptic Maps التى تستعمل فى تحليل أحوال الطقس والتكهن بظروف الجو ، لأنها ذات ارتباط مباشر بحركة الرياح وسرعتها واتجاهها ، كما أنها تشير الى نشأة الجبهات والاعاصير .

تناقص الضغط الجوى وتغير معدلاته بالارتفاع :

يتناقص الضغط الجوى رأسيا بالارتفاع عن منسوب سطح البحر ، لأن وزنه يقل بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى من جهة ، وتخلخل الهواء ، وقلة كثافته من جهة أخرى . غير أن معدل تناقص الضغط الجوى بالارتفاع يتغير بين منسوب ارتفاع وآخر فى الغلاف الجوى ، كما يتغير تبعا للتباين فى درجات الحرارة ، والتنوع فى اتجاهات الرياح .



شكل رقم (٣٤) خطوط الضغط المتساوى على قارة آسيا (شتاء)

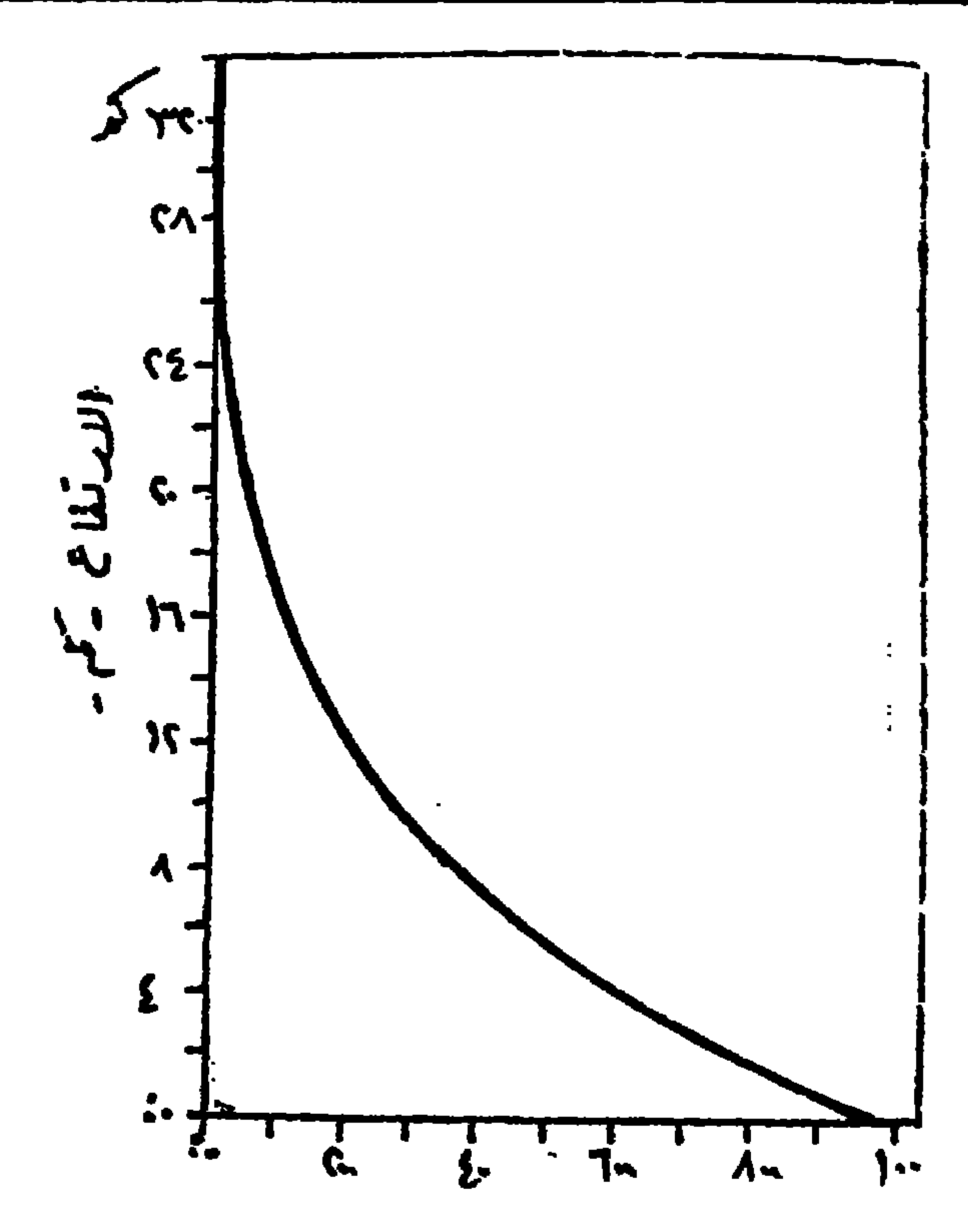


شكل رقم (٣٥) خطوط الضغط المتساوى على قارة آسيا (صيفا)

وقد وجد أن الضغط الجوى يتناقص بالارتفاع بمعدل سريع فى طبقات الجو السفلى ، ثم يقل فى الطبقات العليا ، لأن الهواء فيها يتألف من غازات خفيفة ومخلخلة جدا .

وتتضح تلك الحقيقة من الجدول الآتى :

مقدار الارتفاع عن سطح البحر بالمتر	مقدار الضغط الجوى بالملليبار
منسوب البحر	١٠١٣
٣٠٠٠	٧١٣
٦٠٠٠	٥٠٣
٩٠٠٠	٣٢٣
١٢٠٠٠	٢٠٣
١٥٠٠٠	١٤٣
١٦٠٠٠	١٠١

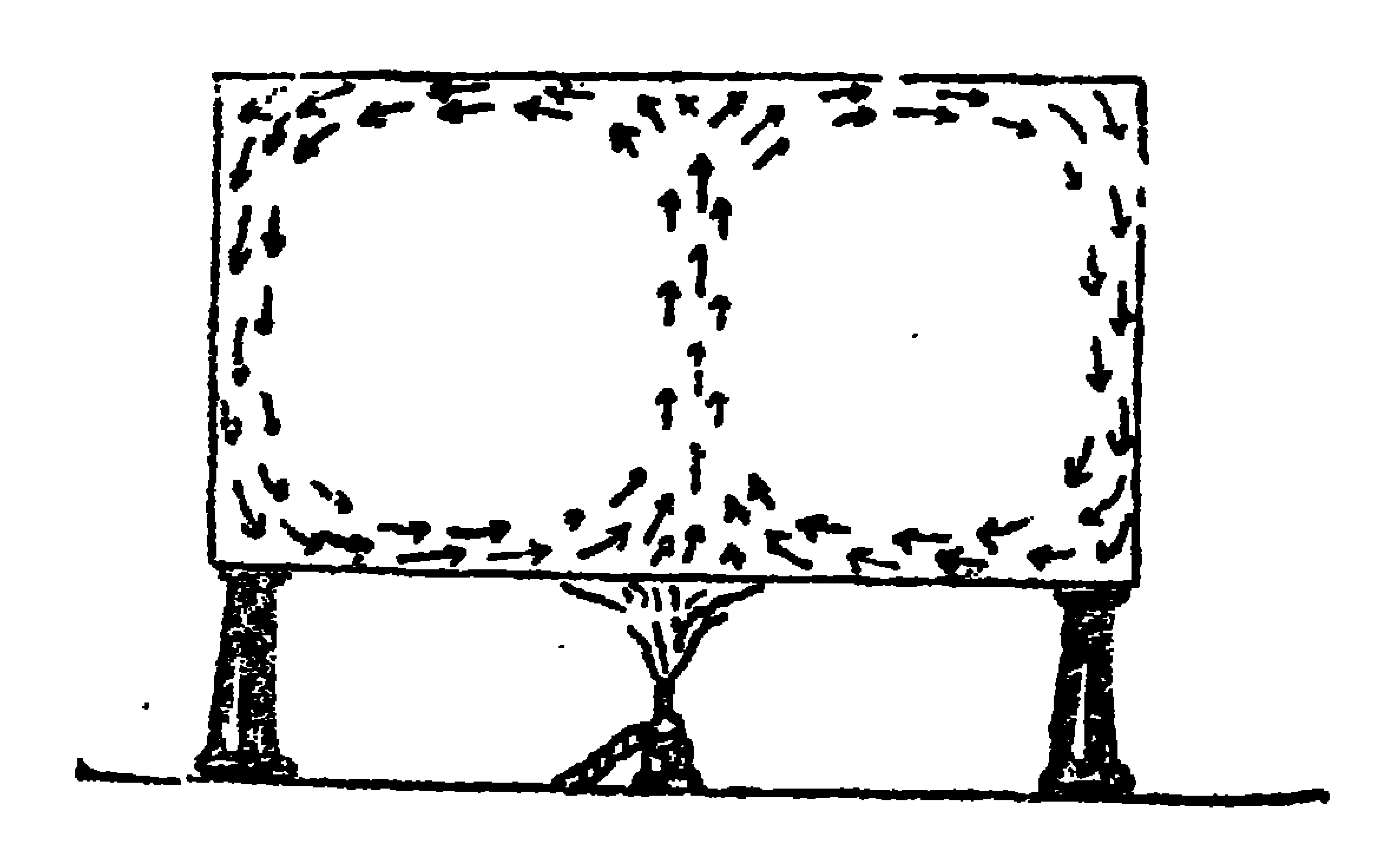


شكل رقم (٣٦) تناقص الضغط الجوى بالارتفاع

ويتضح من الجـدول أن نصف وزن الغـلاف الجوى يقع بين منسوب البحر وارتفاع ٦٠٠٠ متر · ولا يزيـد الضغط الجوى على ارتفاع ١٦٠٠٠ متر عن عشر الضغط الجوى عند منسوب البحر · ويتناقص الى واحد من مائة (٠٫٠١) على ارتفاع ٣١ كم ، والى واحـد من ألف (٠٫٠٠١) على ارتفاع ٤٨ كم ·

أما معدل التناقص فى طبقة التروبوسفير ، فيبلـغ فى المتوسط ملليبارا واحدا لكل ١١ متر على وجه التقريب ·

اجر التجربة الآتية لمعرفة مدى العـلاقة بين الضغط الجـوى والدورة الهوائية العامة · فالشكل رقم (٣٧) يمثل صندوقا زجاجيا مقفولا ومملوءا بالماء ، وضع تحته جهاز اشتعال فى منتصفه · فينشأ عن ذلك تحرك المياه فى هيئة تيارات مائية ، الساخن منها يصعد الى أعلى ، والبارد منها يهبط الى أسفل · والهواء على سطح الأرض مثل الماء فى الصنـدوق الزجاجى ، وجهاز الاشتعال يمثل الشمس التى ترسل أشعتها عمـودية على الجهـات الاستوائية ، وعن طريق تأثير درجة الحرارة ينخفض الضغط الجوى على هذه الجهات عن الضغط الواقع على الجهات الواقعة حـول خطى عرض ٣٠° شمالا وجنوبا ، فتحدث دورة هوائية عامة تشمل العالم بأكمله ·



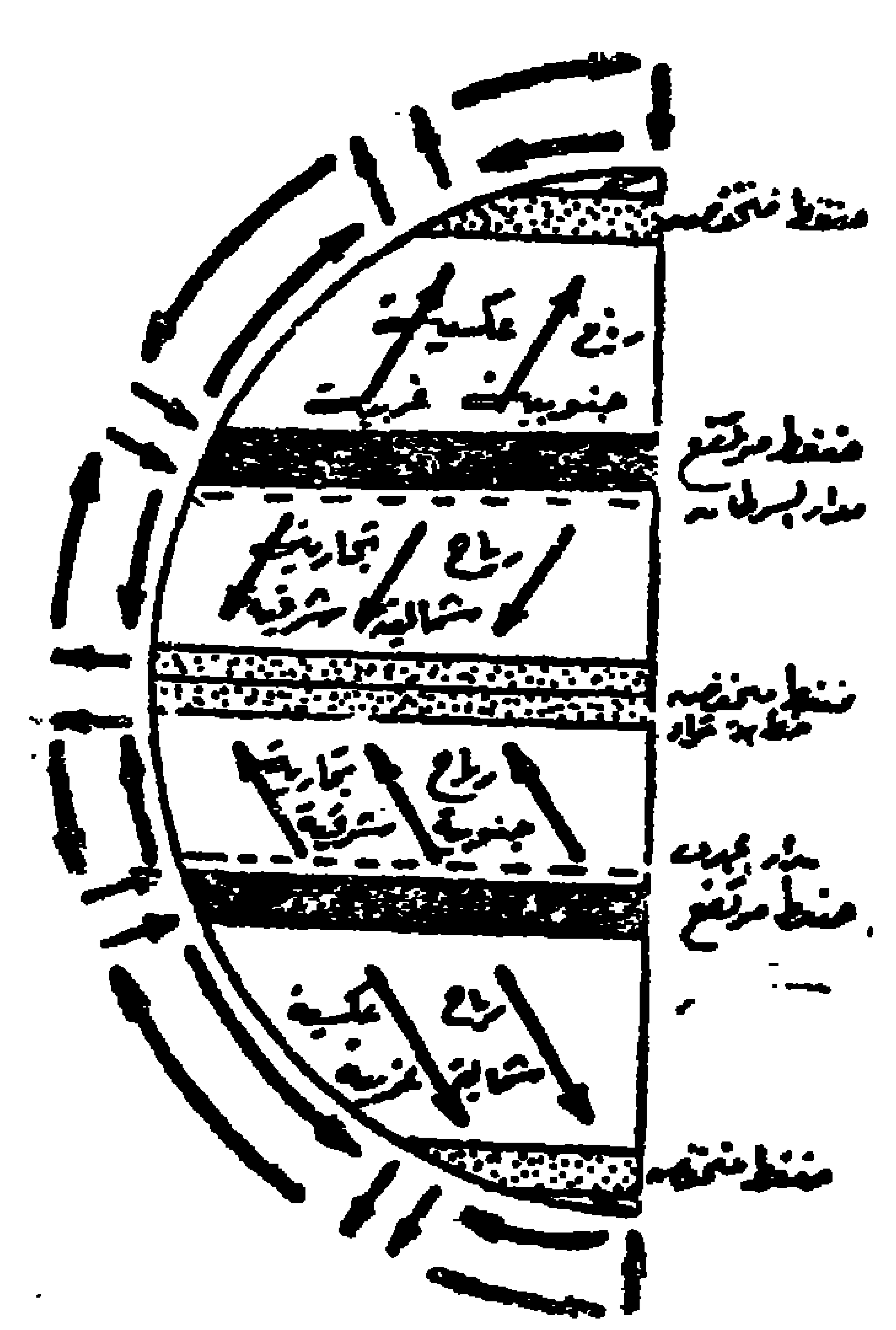
شكل رقم (٣٧) تحرك التيارات نتيجة لارتفاع درجة الحرارة

ذلك أن الهواء عند المنطقة الاستوائية يسخن وتزيد كمية بخار الماء فيه بسبب كثرة التبخر ، ومن ثم تقل كثافته ، وينخفض وزنه ،ومن ثم ضغطه· وتنشط التيارات الهوائية الصاعدة ، ويرتفع الهواء الى طبقات الجو العليا ، فيتجه قسم منه نحو الشمال وقسم آخر نحو الجنوب فى شكل رياح عليا ·

لكن انتقاله فى الطبقات العليا الباردة يـؤدى الى برودته وتكاثف جزء من بـخار الماء فيه،وعندئذ تزداد كثافته ، ويرتفع وزنه ومن ثم ضغطه • فيهبط جزء منه نحو سطح الأرض حول خط عرض ٣٠° شمـالا وجنوبا (عروض الخيل) • وينشأ عن ذلك تشكيل منطقتين للضغط المرتفع احداهما فى النصف الشمالى والثانية فى النصف الجنوبى • بينما يتابع الجزء الباقى من الهواء تحركه فى الطبقات العليا متجها نحـو القطبين • وهناك تشتـد برودته ، ويزداد ضغطه ، فيهبط عندها على شكل تيارات هوائية هابطة تسـاعد فى تكوين منطقتين من الضغط المرتفع •

وتتشعب التيارات الهابطة عند كل من خطى عرض ٣٠° شمالا وجنوبا الى شعبتين قرب سطح الأرض ، تتجه احداهما نحو خط الاستواء على شكل رياح سطحية هى التى تعرف بالرياح التجارية أو الشرقية ، وتتجت الشعبة الأخرى نحو كل من الدائرتين القطبيتين على شكل رياح سطحية أيضا تعرف بالرياح العكسية أو الغربية •

أما التيارات الهابطة عند القطبين فتتجه فى هيئة رياح سطحية نحو كل من الدائرتين القطبيتين هى الرياح القطبية • وتتقابل الرياح القطبية مع الرياح العكسية بالقرب من كل من الدائرتين القطبيتين • وينشأ عن تقابلهما



شكل رقم (٣٨) الدورة الهوائية ومناطق الضغط (قانون فرل)

تيارات هوائية صاعدة هى المسئولة ـ مع زيادة كمية بخار الماء فى الهواء فى تلك العروض ، عن تشكيل منطقتى الضغط المنخفض حول الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية .

وتتشعب هذه التيارات الصاعدة فى طبقات الجو العليا ، فتتجه شعبة منها نحو كل من القطبين ، حيث تبرد ويزداد ثقلها فتهبط الى سطح الارض ، بينما تتجه شعبة أخرى نحو كل من خطى عرض ٣٠° شمالا وجنوبا حيث تبرد وتقل كمية الرطوبة بها فيزداد ثقلها وتهبط الى سطح الارض . وتعرف هذه الدورة بدورة الهواء العامة حول الكرة الارضية .

ومن الشكل رقم (٣٨) نتبين فى الدورة الهوائية أربع مناطق تمتاز بالحركة الرأسية وهى تقع حول خط الاستواء ، وخط عرض ٣٠° ، ٦٠° تقريبا شمالا وجنوبا ، ثم عند القطبين ، والهواء يصعد فى الأولى والثالثة فيساعد على وجود ضغط منخفض ، ويهبط فى الثانية والرابعة فيساعد على وجود ضغط مرتفع .

والخلاصة هى انه يوجد على سطح الأرض مناطق ذات ضغط منخفض وأخرى ذات ضغط مرتفع ، وأن الرياح السطحية تهب من الضغط المرتفع الى الضغط المنخفض ، ومناطق الضغط المنخفض والمرتفع هذه تسمى بمناطق الرهو أو الركود لهدوء الهواء عندها ، حيث تكون حركة الهواء اما صاعدة أو هابطة .

المناطق الرئيسية للضغط الجوى :

تتوزع مناطق الضغط على سطح الأرض كالآتى شكل رقم (٣٩) :

١ ـ منطقة الضغط المنخفض حول خط الاستواء :

وهى التى تسمى بمنطقة الرهو الاستوائى Doldrun . وهى ذات ضغط منخفض لشدة حرارتها ورطوبتها وتياراتها الهوائية الصاعدة .

٢ ـ منطقتان من الضغط المرتفع :

وتوجد احداها شمال مدار السرطان عند خط عرض ٣٠° شمالا ، والأخرى جنوب مدار الجدى حول خط عرض ٣٠° جنوبا . وذلك بسبب التيارات الهوائية الهابطة الى سطح الارض ، وبسبب جفاف الهواء أيضا .

٣ ـ منطقتان من الضغط المنخفض عند الدائرتين القطبيتين :

نتيجة للتيارات الصاعدة عن طريق تقابل الرياح الآتية من ناحية المدارين بالرياح الآتية من القطبين ، وأيضا لرطوبة الهواء .



شكل رقم (٣٩) توزيع مناطق الضغط الجوى الرئيسية

٤ - منطقتان من الضغط المرتفع نوعا :

عند القطبين بسبب برودة الهواء وجفافه فوقهما وبسبب تياراتها الهوائية الهابطة .

التوزيع الحقيقى للضغط الجوى :

هذا وينبغى أن نشير الى أن هذه المناطق جميعها تتزحزح نحو الشمال أو نحو الجنوب بمقدار يتراوح بين ٥ ، ١٠ درجات عرضية ، وذلك تبعا لحركة الشمس الظاهرة بين المدارين ، وانها تبلغ أقصى تزحزح لها فى نصف الكرة الشمالى فى شهرى يوليو وأغسطس ، وأقصى تزحزح لها فى نصف الكرة الجنوبى فى شهرى يناير وفبراير .

والواقع أن مناطق الضغط المشار اليها لا تمثل الا التوزيع النظرى للضغط الجوى ، بافتراض أن سطح الكرة الأرضية كله متجانس ، أى أنه مكون اما من اليابس أو من الماء ، كما يفترض أيضا أن الاشعاع الشمسى متعامد دواما على دائرة الاستواء .

وهذا بالطبع مخالف للواقع . فسطح الأرض يتكون من يابس وماء ، وهما يتأثران بالحرارة بدرجات متفاوتة . كما أن توزيع اليابس والماء غير متكافىء فى نصفى الكرة . أضف الى ذلك تأثير عوامل أخرى محلية كشكل التضاريس والتداخل بين اليابس والماء . كل ذلك يؤدى الى تمزق الصورة العامة لمناطق الضغط .

ويمكننا فى ضوء ما تقدم أن نورد الملاحظات التالية :

١ - مناطق الضغط لا تثبت فى مواضعها ، بل تنتقل شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية ٠

٢ - مناطق الضغط فى النصف الجنوبى أكثر انتظاما منها فى النصف الشمالى ، بسبب التجانس الملحوظ فى سطح النصف الجنوبى ٠

٣ - تختلف نظم توزيع الضغط فوق الكتل القارية تبعا لاختلاف الحرارة فى فصول السنة ، وكذلك تبعا للتضاريس ٠ بينما نجد نظم الضغط فوق المحيطات أكثر انتظاما ٠

انحدار الضغط الجوى وعلاقته بنشأة الرياح :

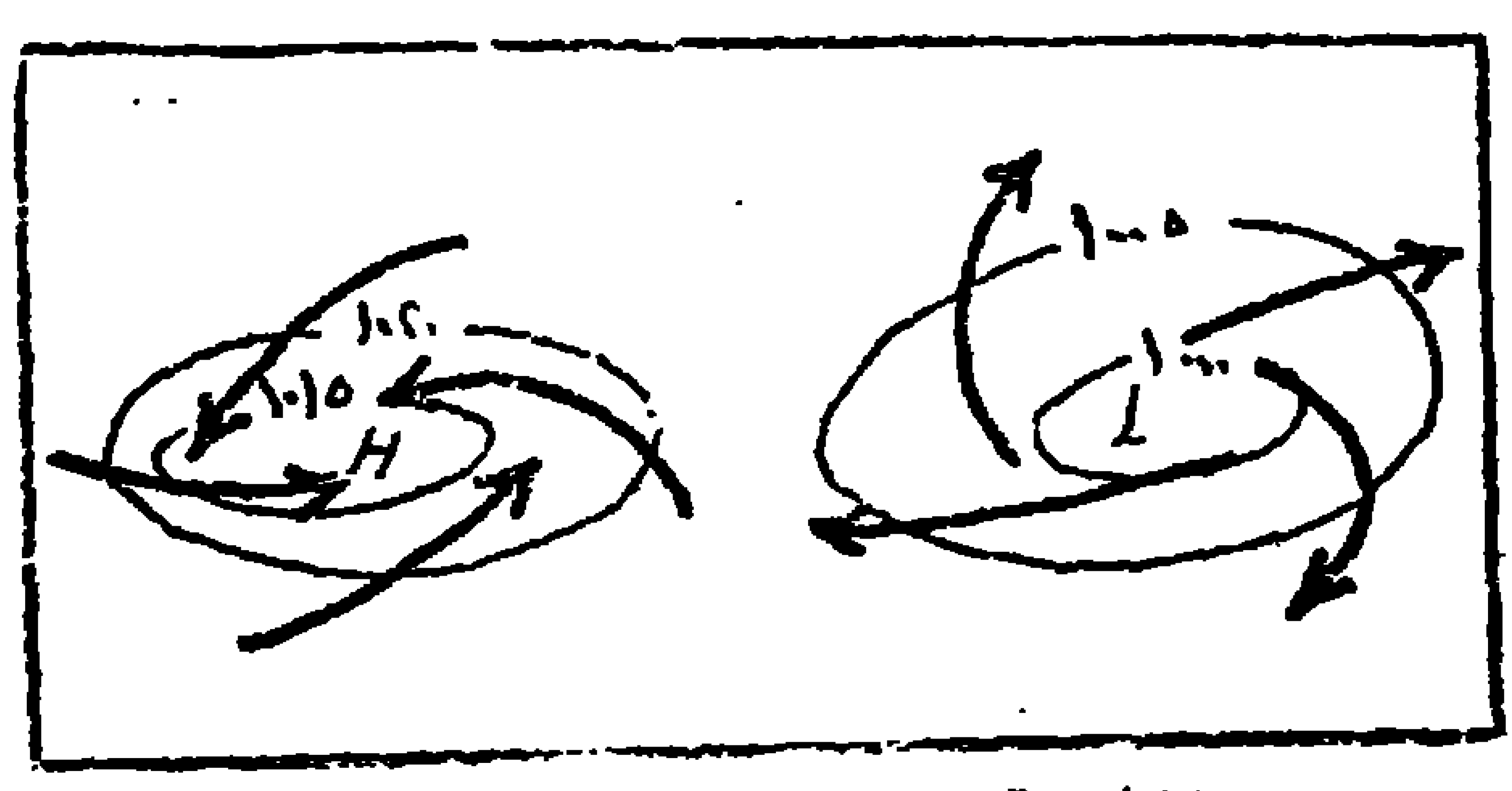
يطلق على معدل تناقص الضغط الجوى بين مركز للضغط المرتفع ومركز للضغط المنخفض تعبير **انحدار الضغط الجوى Pressur Gradient** وعندما يرتفع الضغط فى مكان ما عما يجاوره من أماكن ، يصبح هذا المكان **«مركز ضغط جوى مرتفع» High Pressure Center** وحينما يكون الضغط فى مكان ما أقل منه فيما يجاوره من أماكن ، فانه يعرف حينئذ باسم **«مركز ضغط جوى منخفض» Low Pressure Center** ٠

هذا التفاوت فى توزيع مقادير الضغط الجوى هو الذى يحرك الهواء فى صورة رياح ٠ فالرياح تنتقل من مراكز الضغط المرتفع الى مراكز الضغط المنخفض ٠ وكلما كان انحدار الضغط كبيرا ، أى كلما كان معدل تناقص الضغط الجوى بين مركزى الضغط المرتفع والمنخفض سريعا ، كلما اشتدت حركة الرياح وازدادت سرعتها ، وحينما يكون انحدار الضغط هينا خفيفا ، تصبح حركة الرياح ضعيفة واتجاهاتها متغيرة ٠

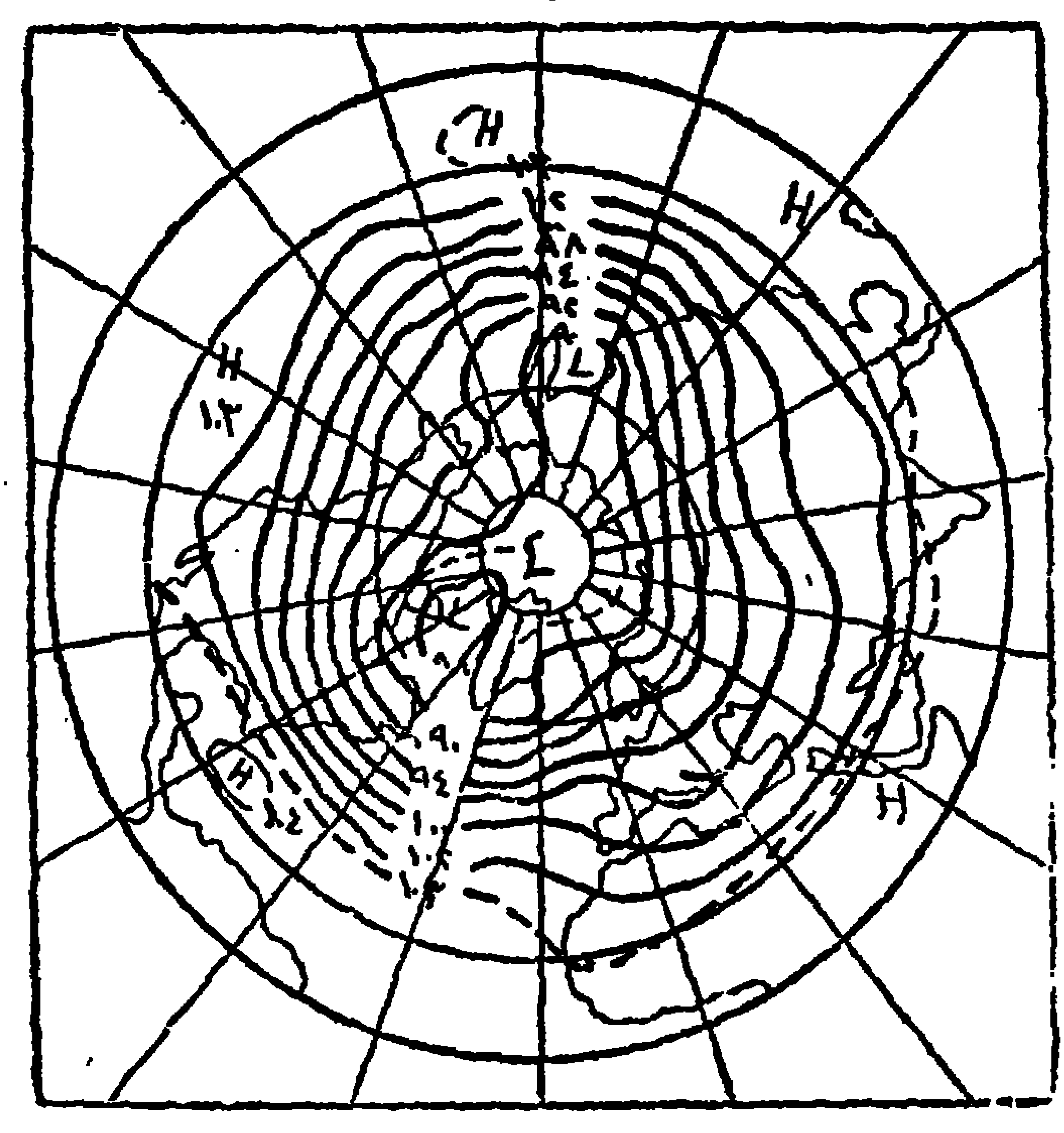
ويظهر ذلك جليا على خرائط الطقس ، فحينما تتقارب خطوط تساوى الضغط ، يدل ذلك على شدة انحداره ، أما اذا تباعدت تلك الخطوط كان انحدار الضغط ضعيفا ٠ وعادة ما ترسم خطوط تساوى الضغط على خرائط الطقس بفاصل قدره ٤ ملليبار تبدو متقاربة جدا فى حالة شدة الانحدار ٠ أما فى الاحوال التى يكون انحدار الضغط فيها ضعيفا ، فان خطوط الضغط ترسم بفاصل مقداره ٢ ملليبار ٠ ويمكن تشبيه حركة الرياح واتجاهها مع انحدار الضغط ، بالمياه التى تتبع فى جريانها واتجاه هذا الجريان انحدار سطح الأرض ٠ وطبيعى أن تشتد سرعة كل من المياه والرياح مع شدة الانحدار ٠

وهناك عامل مهم يتضح تأثيره فى توجيه الرياح ، **وهو عامل قوة دوران**

الأرض حول محورها • فحينما تتحرك الرياح من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض تتأثر بقوة دوران الأرض حول نفسها فتنحرف الى يمين اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الشمالى ، والى يسار اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الجنوبى • ولهذا فان الرياح تخرج من مراكز الضغط المرتفع فى حركة تشبه حركة دوران عقارب الساعة ، وتدور حول مراكز الضغط المنخفض فى حركة معاكسة لحركة عقارب الساعة •



شكل رقم (٤٠) حركة الرياح
حول مراكز الضغط الجوى المرتفع والمنخفض فى نصف الكرة الشمالى



شكل رقم (٤١)
خريطة كنتورية (مئات الاقدام) لمستوى الضغط ٧٠٠ ملليبار فى شهر يناير

هذا وينبغى أن نشير هنا الى خرائط الضغط الجوى التى ترسم لمستويات متتالية من الغلاف الجوى ، لما لها من أهمية كبيرة فى التأثير على أحوال الطقس • وفى رسمها يتم اختيـار مستويات للضـغط مثل ٧٠٠ ملليبار ، ٥٠٠ ملليبار و ٣٠٠ ملليبار ، وترسم خريطة توضح مستويات الارتفاع التى عندها يظهر فيها كل من مستويات الضغط الجوى الآنفة الذكر ، وبذلك يتم رسم خرائط ارتفاعات متساوية (كنتورية) لمستويات الضـغوط ٧٠٠ ، ٥٠٠ ، ٣٠٠ ملليبار •

اقتران مراكز تجمع الهواء وتفرقه بمراكز الضغط المنخفض والمرتفع :

يلعب تجمع الهواء Convergence وتفرقه Divergence دورا بالغ الأهمية فى نشأة مناطق الضغط المرتفع ومناطق الضغط المنخفض على سطح الأرض من جهة ، وفى طبقات الجو العليا من جهة أخرى • فالهواء عندما يتقابل ويلتقى تنشأ فيه على الفور تيارات صاعدة ، ويصبح نطاق التقابل مركزا لضغط منخفض • والهواء عندما يفترق ويتشعب ، يخلى مكانه لهواء هابط بارد ، فينشأ فى ذات نطاق التفرق مركز للضغط المرتفع •

وفى طبقات الجو العليا تحدث نفس الظاهرة • فحيثما تقابل الهواء وتجمع نشأ مركز للضغط المنخفض ، وحيثما تشعب وتفرق ، تولد مركز للضغط المرتفع • وقد تبين أن مراكز الضـغط المنخفض على سطح الأرض يقابلها مراكز للضغط المرتفع فى طبقات الجو العليا ، وأن مراكز الضغط المرتفع على سطح الأرض يقابلها مراكز للضغط المنخفض فى طبقات الجو العليـــا •

وقد وجدنا عند دراستنا للدورة الهوائية العامة أن هناك **ثلاثة نطاقات لالتقاء الهواء المتحرك (الرياح) على سطح الأرض هى :**

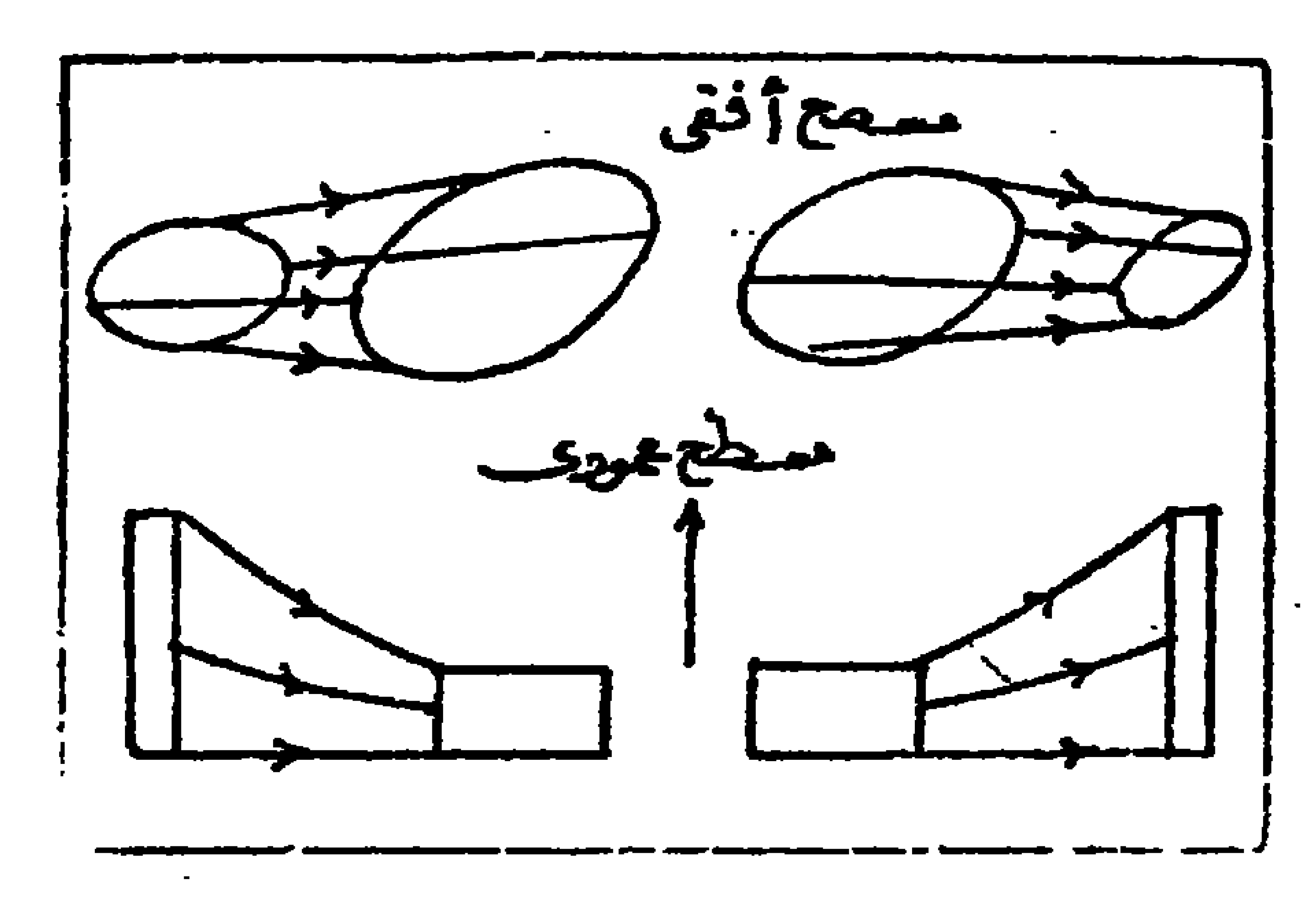
١ ـ نطاق التقاء الرياح السطحية الاستوائى ، ويقابله فى طبقات الجو العليا نطاق تفرق رياح علوية استوائى •

٢ ـ نطاقات لالتقاء رياح سطحية عند الدائرتين القطبيتين (فيما بين دائرتى عرض ٤٥ ـ ٦٠° شمالا وجنوبا) ، ويقابلهما فى طبقات الجو العليا نطاقات لتفرق رياح علوية فـوق نفس العروض • كما تعرفنا على **أربعـة نطاقات لتفرق الهواء المتحرك (رياح) على سطح الأرض هى :**

أ ـ نطاقان لتفرق رياح سطحية فيمـا بين دائرتى عرض ٣٠ ـ ٣٥° شمالا وجنوبا (عروض الخيل Horse Latitudes) ويعرفان بنطاقى تفرق

رياح فيما وراء المدارين · ويقابلهما نطاقان علويان لالتقاء رياح فوق نفس العــــروض ·

ب ـ نطاقــان لتفرق رياح سطحية حول القطبين ، يقابلهما نطاقان علويان لتفرق رياح فوق القطبين ·



شكل رقم (٤٢) تجمع الهواء وتفرقه

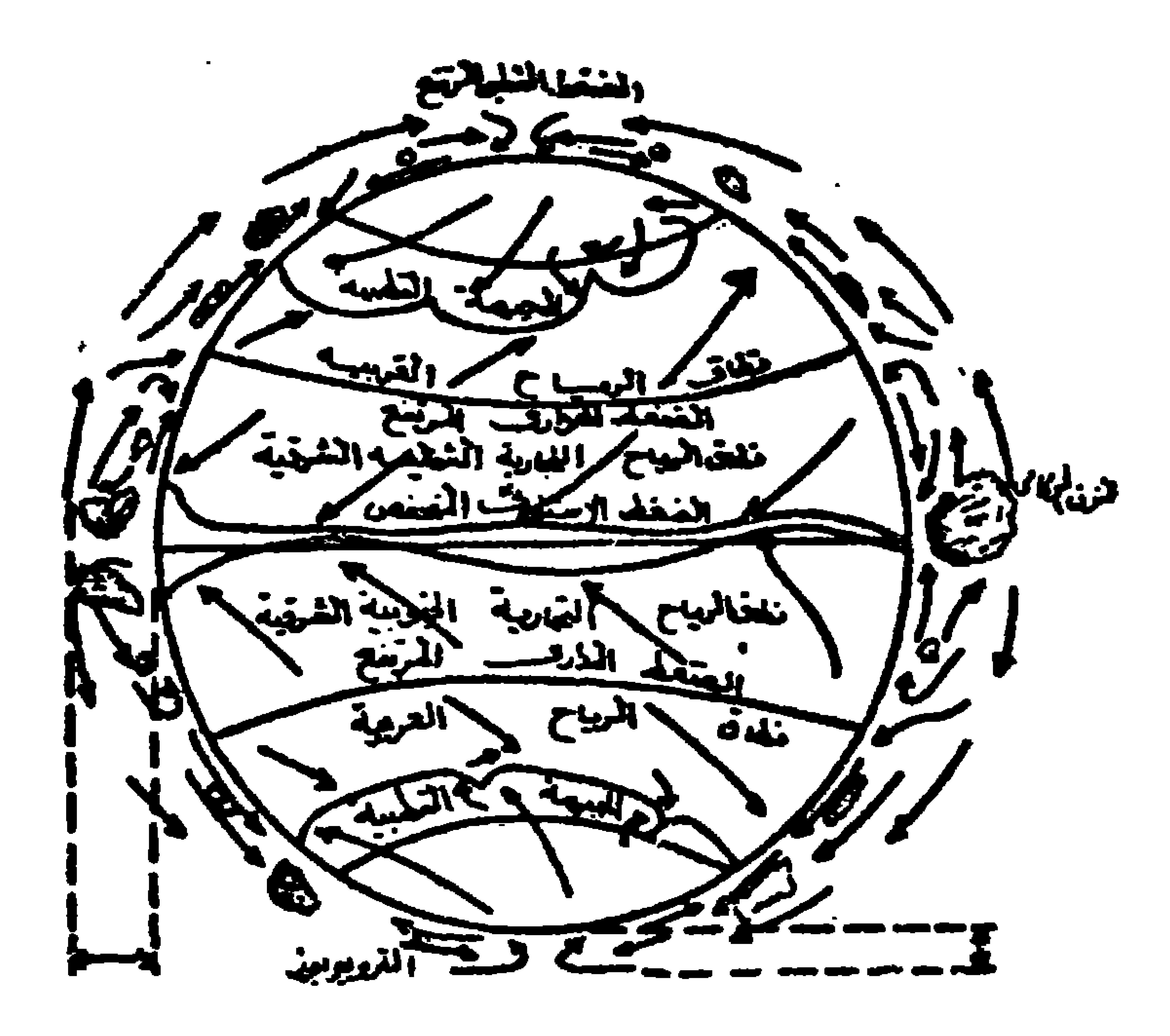
هذا ويلاحظ التفــاوت فى توزيع الحرارة فيما بــين الدائرة الاستوائية والقطبين هو العامل الباعث والمحرك للرياح أفقيا سواء على سطح الأرض (رياح سطحية) أم فى طبقات الجو العليا (رياح علوية) · فمما لا شك فيه أن الاختلاف الكبير فى توازن الطاقة بين المناطق المدارية والقطبية هو الباعث لحركة الرياح ولاحداث الدورة الهوائية العامة فى الغلاف الجوى ·

أما توجيه الرياح فيتم بواسطة ما **يعرف بقوة كوريولى Corioli's Force وهى قــوة دوران الأرض حول نفســها** التى اكتشفها وتعرف عليهــا العالم كوريولى ، وصاغ قوتها الانحرافية للرياح العالم فيريل **Ferell** · فلو كانت الأرض ثابتة لا تدور حول نفسها لهبت الرياح فى حركة طولية من نطاقات الضغط المرتفع (نطــاقات تفرق الريــاح) الى نطاقات الضــغط المنخفض (نطاقات تجمع الرياح) عابرة لدوائر العرض باتجاهات عمودية عليها · لكن ما يحدث أن تنحرف الرياح الى يمين اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الشمالى ، والى يسار اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الجنوبى · ويرجع ذلك الى اختــلاف سرعة دوران الأرض حول نفسها تبعا لاختلاف درجات العــــرض ·

التوزيع الجغرافى للضغط الجوى صيفا وشتاء :

يلعب الاشعاع الشمسى العمودى الدور الرئيسى فى تسخين سطح الأرض

يابسه ومائه • وبسبب التباين فى سرعة ما يكسبه اليابس والمـاء من طاقة حرارية ، فان الدور الذى تقوم به المسطحات المائية فى احداث الاختلافات الفصلية فى توزيع الضغط الجوى يكون عظيما • لأنها بمثابة مخازن ضخمة للطاقة الحرارية التى تكسبها ببطء وتفقدها ببطء أيضا ، على عكس اليابس الذى يكسب الحرارة بسرعة ويفقدها بسرعة أيضا ، وبالتالى لا يخزن منها سوى القليل ولزمن محدود للغاية •



شـكل رقم (٤٣)
التوزيع الجغرافى للضغط الجوى والرياح على سطح كرة أرضية متجانسة

التوزيع الجغرافى للضغط الجوى شتاء :

فى نصف الكرة الشمالى :

تبدو الاختلافات الفصلية فى الضغط الجوى شديدة الوضوح فى نصف الكرة الشمالى ، وذلك بسبب وجود معظم اليابس فيه ، وتـداخله فى مسطحاته المـــائية •

ففى الشتاء تتعامد أشعة الشمس على مدار الجدى ، وبالتالى تنتقل مراكز الحرارة العظمى الى نصف الكرة الجنوبى ، بينما يبرد سطح يابس نصف الكرة الشمالى ، وتبقى مسطحاته المائية محتفظة بقسم من حرارتها،

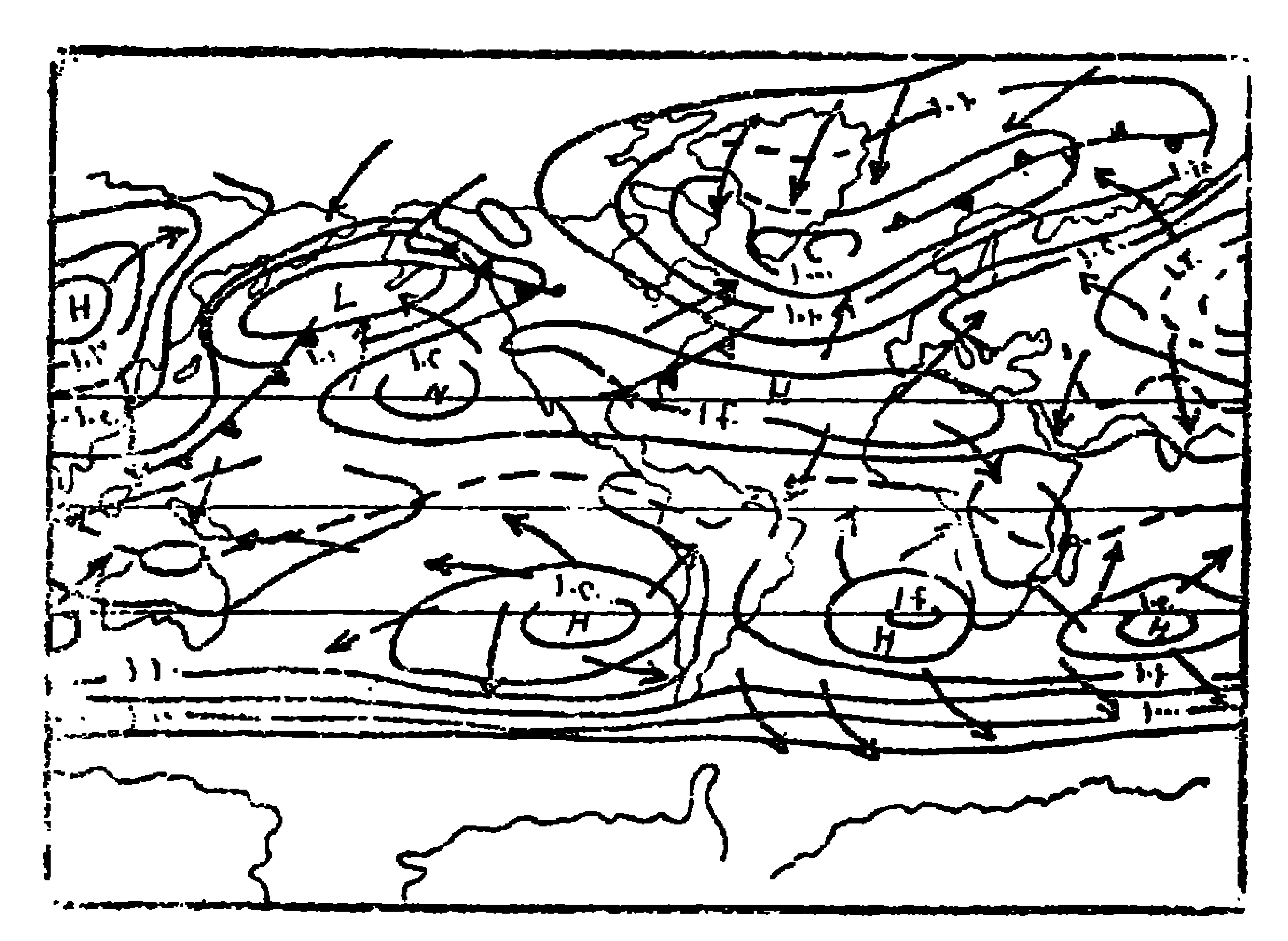
فتكون أدفأ من يابسه .وتبعا لذلك تتوزع مراكز الضغط فوق النصف الشمالى من الكرة الأرضية شتاء على النحو الآتى :

١ - تكون الأراضى الوسطى من الكتل القارية (أوراسيا وأمريكا الشمالية والقسم الشمالى من افريقيا) مراكز ضغط جوى مرتفع ، تتصل بنطاق الضغط المرتفع دون المدارى عند العروض الثلاثينية • ويصل الضغط الجوى المرتفع منتهاه فوق أراضى سيبيريا حيث يصل الى أكثر من ١٠٣٠ ملليبارا ، ويعرف بمركز الضغط المرتفع السيبيرى • ويمتد من لسان يغطى شرق أوروبا ووسطها (١٠٢٠ ملليبار) ، كما يغطى شمال أفريقيا وأمريكا الشمالية ضغط مرتفع لا يقل مقداره عن ١٠٢٠ ملليبارا •

٢ - ينحصر الضغط الجوى المنخفض شتاء فى مركزين مهمين يرجع اليهما السبب فيما يتصف به نصف الكرة الشمالى من خصائص مناخية هما :

أ - المنخفض الأيسلندى الذى يمتد شتاء عند العروض الستينية ، فيما بين جزيرتى ايسلندا وبرمودا فى شمال المحيط الاطلسى •

ب - المنخفض الألوشى الذى يتمركز حول مجموعة جزر الوشيان Alutian فى شمال المحيط الهادى ، حوالى دائرة عرض ٥٥° شمالا • ويبلغ مقدار الضغط الجوى فى أواسط المنخفضين ١٠٠٠ ملليبارا فقط •



شكل رقم (٤٤) التوزيع الجغرافى للضغط الجوى فى يناير بالملليبار

فى نصف الكرة الجنوبى :

نظرا لتعامد الشمس فى الشتاء الشمالى (وهو صيف النصف الجنوبى) على مدار الجدى ، يصبح يابس النصف الجنوبى مركزا للضغط المنخفض الذى يتراوح بين ١٠٠٥ ـ ١٠١٠ مللبيارا فوق كل من شمال استراليا وجنوب افريقيا وشرق أمريكا الجنوبية ٠

وتصبح المسطحات المائية مراكز لضغط مرتفع بين ١٠١٥ ـ ١٠٢٠ مللبيارا فوق كل من المحيط الهندى الجنوبى ، والاطلسى الجنوبى ، والهادى الجنوبى ٠

التوزيع الجغرافى للضغط الجوى صيفا :

فى نصف الكرة الشمالى :

ينتقل الاشعاع الشمسى العمودى الى مدار السرطان ، وتنتقل معه مناطق الحرارة العظمى الى النصف الشمالى من الكرة الارضية ٠ وتبعا لطبيعة اليابس الذى يكتسب الحرارة بسرعة تصبح أواسط القارات الشمالية مراكز لضغط منخفض خاصة فى أواسط آسيا وشمال أفريقيا وأمريكا الشمالية٠ ويشتد عمق الضغط المنخفض فوق وسط آسيا وصحراء ثار فى باكستان حيث يراوح ١٠٠٠ مللبيارا ، وهو الشهير باسم **منخفض الهند الموسمى** الذى



شكل رقم (٤٥) التوزيع الجغرافى للضغط الجوى فى يوليو بالمللبيار

يرابض فوق تلك الأراضى أثناء الصيف • وطبيعى أن يضمحل كل من الضغط المنخفض الأيسلندى والألوشى •

ويتسع مجال الضغط المرتفع المدارى المعـروف باسم **المرتفع الآزورى** (١٠٢٥ ملليبارا) ليشمل الأطلسى الشمالى والقسم الأكبر من حوض البحر المتوسط وشمال أفريقيا • وكذلك يمتد الضغط المرتفع المـدارى فى الهادى الشمالى ليشمل معظمه (١٠٢٠ ـ ١٠٢٥ ملليبارا) • ومن هذا وذاك تهب الرياح صوب المناطق الداخلية من القارات •

فى نصف الكرة الجنوبى :

نظرا لتعامد الشمس على مدار السرطان فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ، يصبح يابس النصف الجنوبى محلا للضغط المرتفع الذى يتراوح بين ١٠١٥ ـ ١٠٢٠ ملليبارا فوق كل من استراليا وجنوب افريقيا وجنوب أمريكا الجنـوبية • ويتنـاقص الضغط الجـوى فى الأجزاء الجنـوبية من المحيطات الثلاثة ، خاصة فى عروض ما بـين ٥٠ ـ ٦٠° جنـوبا ، فيراوح ١٠٠٠ ـ ١٠١٠ ملليبارا •

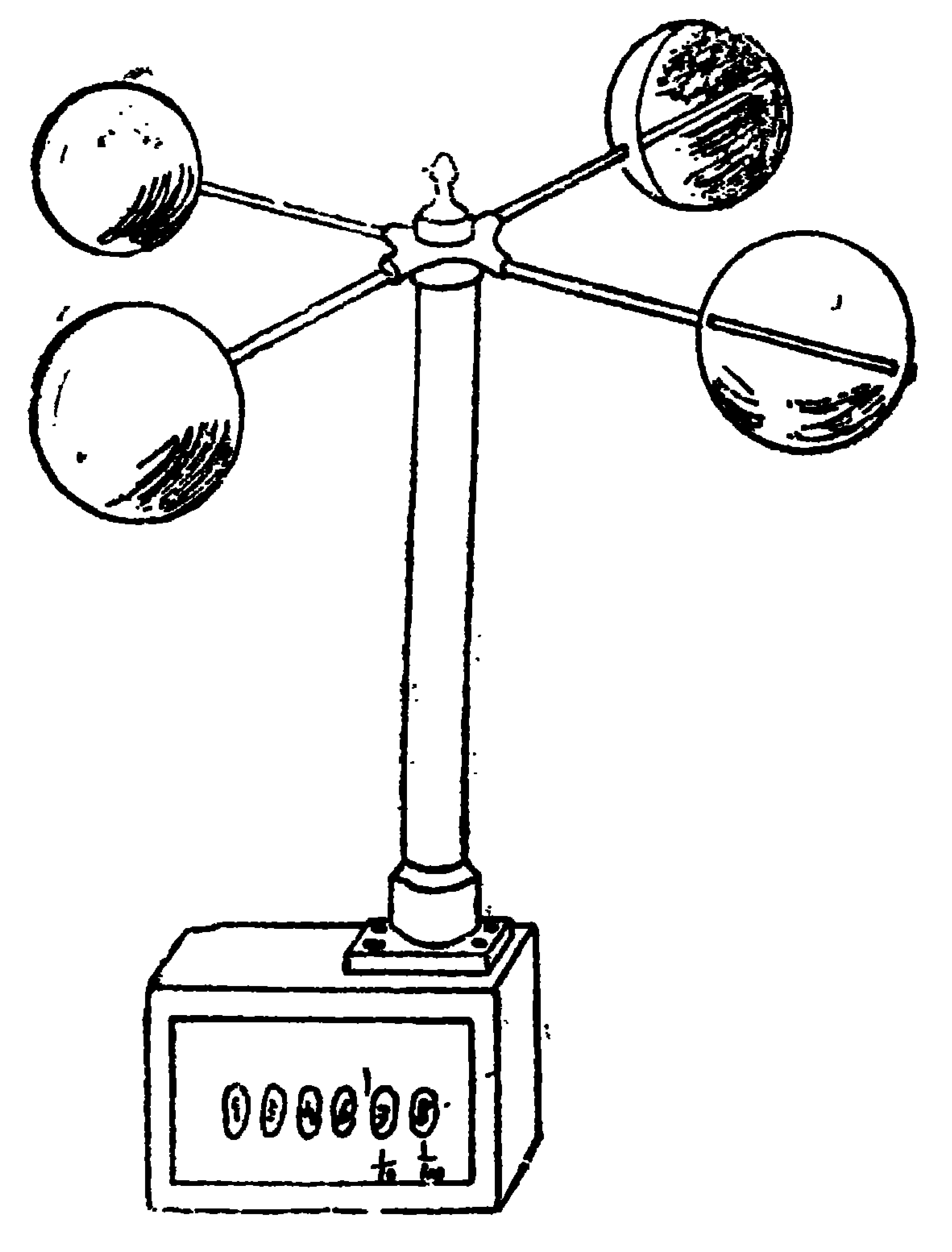
الفصل السادس

الريــــــــاح

- أجهزة القياس : قياس السرعة والاتجاه .
- تقسيم بوفورت للرياح حسب سرعتها .
- العوامل المؤثرة فى تحريك الرياح وتوجيهها .
- التغير اليومى فى سرعة الرياح وأسبابه .
- التيارات الهوائية العليا النفاثة .
- **أنــــواع الريــــاح :**
  - الرياح الدائمة : التجارية ، العكسية ، القطبية .
  - الرياح الموسمية : الشتوية ، الصيفية .
  - الرياح المحـلية : المحلية الحـارة ، المحلية الـدافئة ، المحلية البـــاردة .
  - الرياح اليومية : نسيم البر ونسيم البحر ، نسيم الوادى ونسيم الجبـــل .

الريـــــاح :

ذكرنا أن الرياح تهب من مناطق الضـغط المرتفع الى منـاطق الضغط المنخفض ، وتدور الرياح حول مراكز الضغط المختلفة بتأثير حركة الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق فيؤثر ذلك فى اتجاه الرياح ، فيجعلها تنحرف الى يمين اتجاهها فى النصف الشمالى للكرة الأرضية والى يسـار اتجاهها فى النصف الجنوبى ، **ويعرف هـذا بقانون فرل** • فمثـلا الرياح



شكل رقم (٤٦) الأنيمومتر (مقياس سرعة الرياح)

الآتية من الشمال تنحرف وتصبح شمالية شرقية ، والآتية من الجنوب تصير جنوبية غربية ، أما فى نصف الكرة الجنوبى فتصير الرياح الآتية من الشمال شمالية غربية ، والآتية من الجنوب تصبح جنوبية غربية كما فى شكل رقم (٣٨) .

اجهزة قياس الرياح العادية :

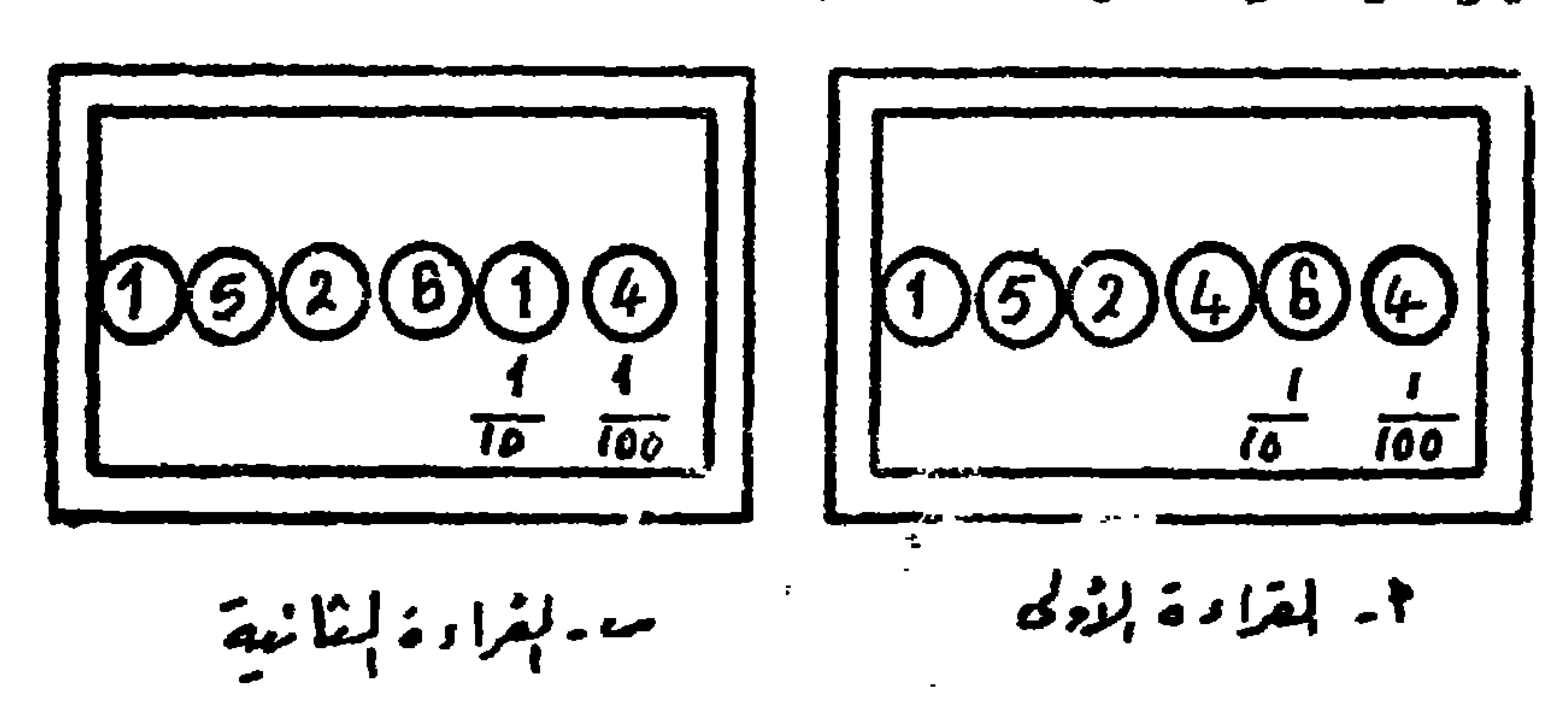
قياس سرعة الرياح :

تقاس سرعة الرياح بواسطة جهاز الأنيمومتر Anemometer شكل (٤٦) ويتركب من :

١ - أربع طاسات كروية ، توضع فوق عامود تدور حوله فى مستوى أفقى بواسطة الرياح .

٢ - عداد يبين سرعة الرياح نتيجة لسرعة دوران الطاسات .

وتقدر سرعة الرياح عن طريق قراءة العداد Speedometer ، ويدون الرقم الذى يدل عليه وليكن ١٥٢٤٫٦٤ كما هو مبين فى الشكل رقم (٤٧-أ) ، وبعد ثلاث دقائق يقرأ العداد مرة ثانية ، ويدون الرقم الذى يدل عليه وليكن ١٥٢٦٫١٤ كما هو مبين فى الشكل رقم (٤٧ - ب) ، فالفرق بين القراءتين يكون ١٥٢٦٫١٤ - ١٥٢٤٫٦٤ = ١٫٥٠ كيلو متر عبارة عن سرعة الرياح فى ثلاث دقائق ، ومنه يستدل على أن سرعتها فى الدقيقة الواحدة هى ½ كيلو متر ، أى أن سرعتها ٣٠ كيلو مترا فى الساعة .

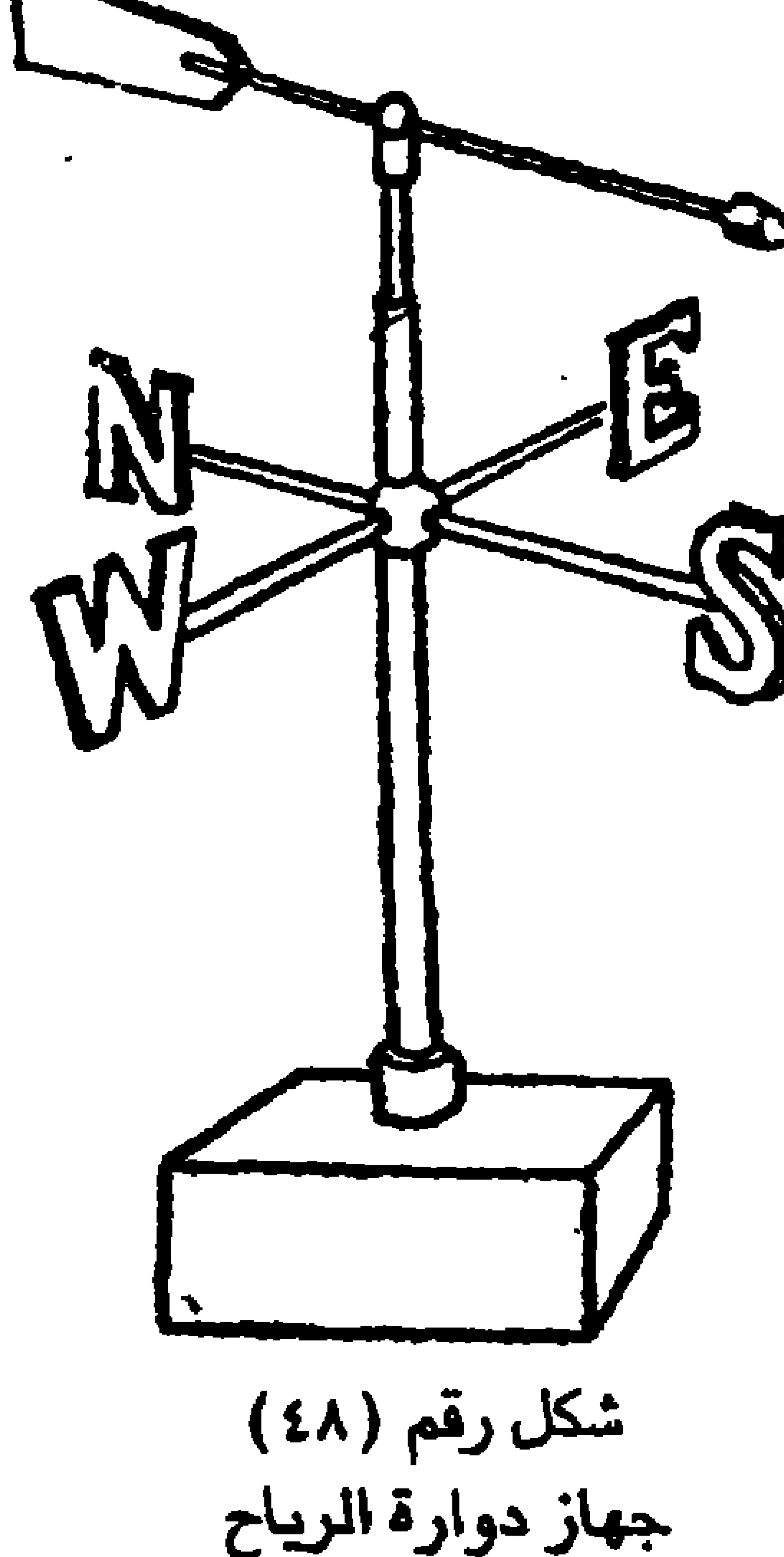


شكل رقم (٤٧) عداد مقياس سرعة الرياح

اما اتجاه الرياح :

فيعرف بواسطة جهاز يسمى دوارة الرياح Wind Vane كما هو مبين فى شكل رقم (٤٨) يتكون من :

١ ـ ذراع من الحديد على شكل سهم يركب على عمود رأسى من الحديد يدور علية فى مستوى أفقى .



شكل رقم (٤٨)
جهاز دوارة الرياح

٢ ـ ذراعين من الحديد مثبتين فى العمود الرأسى تشير أطرافهما الى الجهات الاصلية .

ويعين اتجاه الرياح عن طريق رأس السهم التى تتجه دائما الى الجهة التى تأتى منها الرياح ، ففى الشكلين (٤٩ أ ، ٤٩ ب) تؤثر حركة الرياح فى ذيل السهم العريض،أما رأسه فلا تتأثر بها لأنها مدببة ، فاذا كانت الرياح تهب من الغرب الى الشرق،ثم غيرت اتجاهها فأصبحت تهب من الجنوب الى الشمال ، فانها تدفع أمامها ذيل السهم نحو الشمال ، ولذا تصبح رأس السهم المدببة تتجه نحو الجنوب مشيرة الى الجهة التى تهب منها الرياح .

الأجهزة الكهربائية لقياس الرياح :

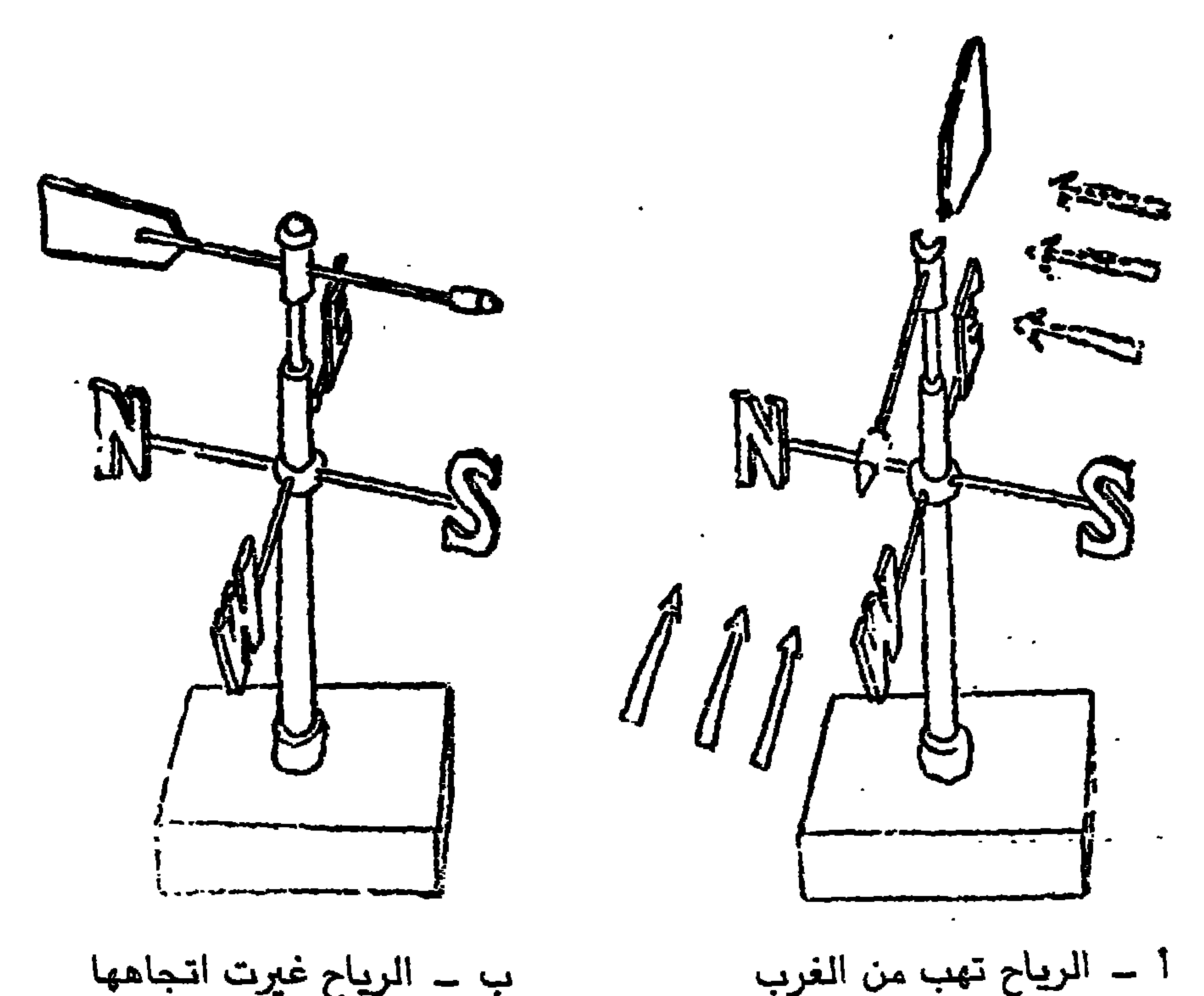
توضع أجهزة رصد الرياح عادة فى مكان مرتفع مكشوف للرياح ، أو تركب فى أعلا الأبراج التى توجد فى بعض محطات الرصد الجوى.وتستخدم الآن أجهزة كهربائية لقياس اتجاه الرياح وسرعتها . وأهم مزاياها أنها تسجل القياسات دون ما حاجة لخروج الراصد فى العراء للتسجيل ، علاوة على دقتها التى تتطلبها الدراسات المناخية التفصيلية .

الأنيموجراف Anemograph :

جهاز لتسجيل سرعة الرياح واتجاهها . ويتركب من أسطوانة ، تتحرك بواسطة ساعة فى داخلها ، وتلف حول الأسطوانة ورقة رسم بيانى خاصة ، يتم رسم سرعة واتجاه الرياح عليها عن طريق ريشتين تتحركان عليها ، وترسم احدى الريشتين سرعة الرياح ، وتخط الريشة الأخرى اتجاهها .

تقسيم بوفورت للرياح حسب سرعتها :

وضع الملاح الهولندى بوفورت Francis Beaufort عام ١٨٠٥ مقياسا



أ ـ الرياح تهب من الغرب

ب ـ الرياح غيرت اتجاهها فأصبحت تهب من الجنوب

شكل رقم (٤٩)

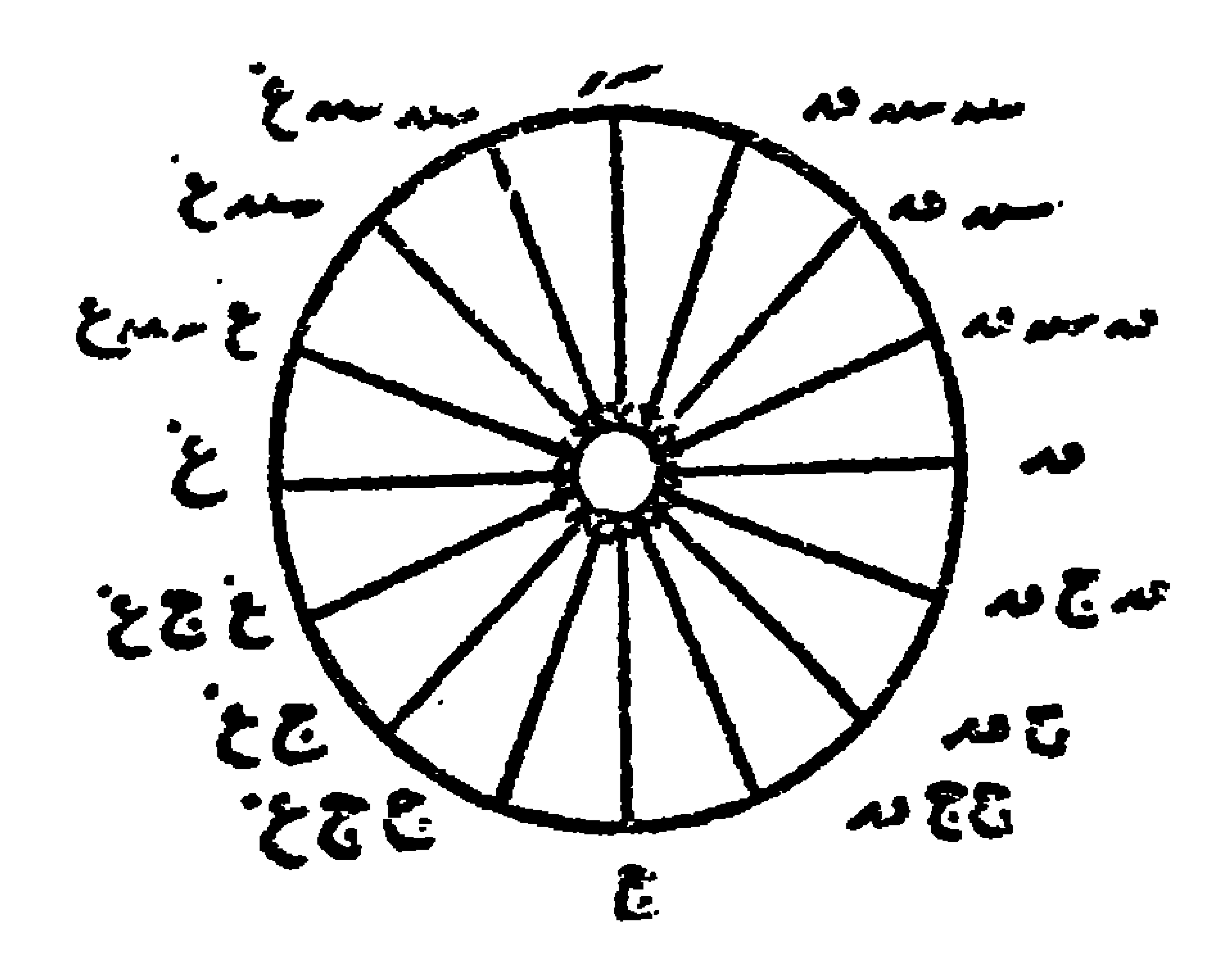
نسبيا لسرعة الرياح ، وقسم سرعة الرياح الى ١٢ درجة تبعا لاستجابة الموجودات لها بالحركة والتضرر منها . **والمقياس موضح بالجدول فى الصفحة التالية .**

رصد سرعة الرياح وتحديد اتجاهاتها فى طبقات الجو العليا :

يستخدم بحث المنى خياس سرعة الرياح واتجاهاتها فى طبقات الجو العليا البلونات الارشادية **Pilot Ballons وأجهزة الراديو سوند Radio Sond** وتملأ البالونات المصنوعة من المطاط بغاز الهيدروجين أو الهليوم ، وهما غازان خفيفان ، للمساعدة على صعود البالونات الى ارتفاعات شاهقة . ويراقب المختصون بالرصد الجوى التباين فى سرعة البالون واتجاهه **بواسطة جهاز التيودولايت Theodolite .**

وعند اجراء عمليات الرصد ليلا تزود البالونات بمصابيح مضيئة حتى يسهل رصد حركاتها بالثيودولايت التليسكوبى . كما وتستخدم بالونات

درجة سرعة الرياح	الهواء المتحرك (الرياح)		مدى السرعة كم/ساعة	مدى استجابة الموجودات للرياح
صفر	هواء ساكن	Calm	٠ – ١	يتصاعد الدخان رأسيا .
١	هواء ضعيف	Light Air	٢ – ٦	يتصاعد الدخان رأسيا ثم يتحرك رأسيا . وتبقى دوارة الرياح ساكنة .
٢	نسيم لطيف	Light Breeze	٧ – ١٢	يحرك أوراق الشجر ودوارة الرياح ، وتلفح الوجه .
٣	نسيم لطيف جدا	Gentle Breeze	١٢ – ١٨	يحرك أوراق وأغصان الشجر وقماش الاعلام .
٤	نسيم معقول	Moderate Breeze	١٩ – ٢٦	يثير الغبار ويحرك فروع الاشجار وينقل الاوراق الملقاة على الارض .
٥	نسيم منعش	Fresh Breeze	٢٧ – ٣٥	تتمايل الشجيرات وأغصان الاشجار الكبيرة . وتنشأ أمواج ضئيلة .
٦	نسيم قوى	Strong Breeze	٣٦ – ٤٤	تهتز فروع الاشجار الكبيرة ، وتنشأ أمواج معتدلة .
٧	رياح معتدلة	Moderate Gale	٤٥ – ٥٤	تهتز للاشجار كلها ، ويصعب السير ضد الرياح ، وترتفع الامواج .
٨	هوجاء	Fres Gale	٥٥ – ٦٥	تكسر أغصان الشجر ، ويتعذر السير ضد الرياح .
٩	هوجاء شديدة	Strong Gale	٦٦ – ٧٧	تتحطم الساريات وأعالى المداخن الضعيفة،وتحدث تلفيات بالمبانى .
١٠	هوجاء عاتية	Whole Gale	٧٨ – ٩٠	تقتلع الاشجار من جذورها ، وتحدث تلفيات بالغة بالمنشآت .
١١	عاصفة (زوبعة)	Storm	٩١ – ١٠٤	تسبب أضرار بالغة بالعمائر والمنشآت .
١٢	اعصار	Hurricane	أكثر من ١٠٤	تحدث فى المحيطات فتغرق السفن أحيانا،وتصيب السواحل بأضرار جسيمة .



شكل رقم (٥٠) تحديد الاتجاهات على البوصلة

ذات الوان مختلفة ، تناسب حالة الجو . فتستخدم بالونات بيضاء أو زرقاء فى الأيام الصافية السماء ، بينما تستخدم بالونات حمراء فى الأيام الغائمة .

وفى الأيام السيئة الطقس يفضل استعمال **جهاز الراديو سوند** . وهو يقيس سرعة الرياح واتجاهاتها ، اضافة الى أنه مزود بأجهزة أخرى لقياس رطوبة الجو ودرجة الحرارة . ويزود الراديو سوند أحيانا بجهاز ارسال لاسلكى يقوم بارسال المعلومات عن أحوال الجو فى طبقات الجو العليا الى محطات الرصد الارضية .

العوامل المؤثرة فى تحريك الرياح وتوجيهها :

ينشأ عن التفاوت الحرارى الاختلاف فى مقادير الضغط الجوى الذى يمثل القوة الفاعلة فى تحريك وتوجيه الرياح، ويعدل سرعة الرياح واتجاهها عامل التضاريس وقوة الاحتكاك وقوة كوريولى . **وفيما يلى دراسة لكل عامل منها :**

١ ـ التباين فى الضغط الجوى :

تتحرك الرياح من مناطق الضغط المرتفع (حيث الهواء الهابط) الى مناطق الضغط المنخفض (حيث الهواء الصاعد) . وكلما كان انحدار الضغط شديدا كلما كانت الرياح اقوى . وترتبط قوة الدفع الناشئة عن انحدار الضغط الجوى ارتباطا كاملا بدرجات حرارة الهواء وكثافته . فالرياح هى العامل المؤثر ، مع التيارات البحرية ، فى تحقيق التوازن الحرارى بين النطاقين الحراريين العظيمين : **النطاق الاستوائى والمدارى فيما بين دائرة**

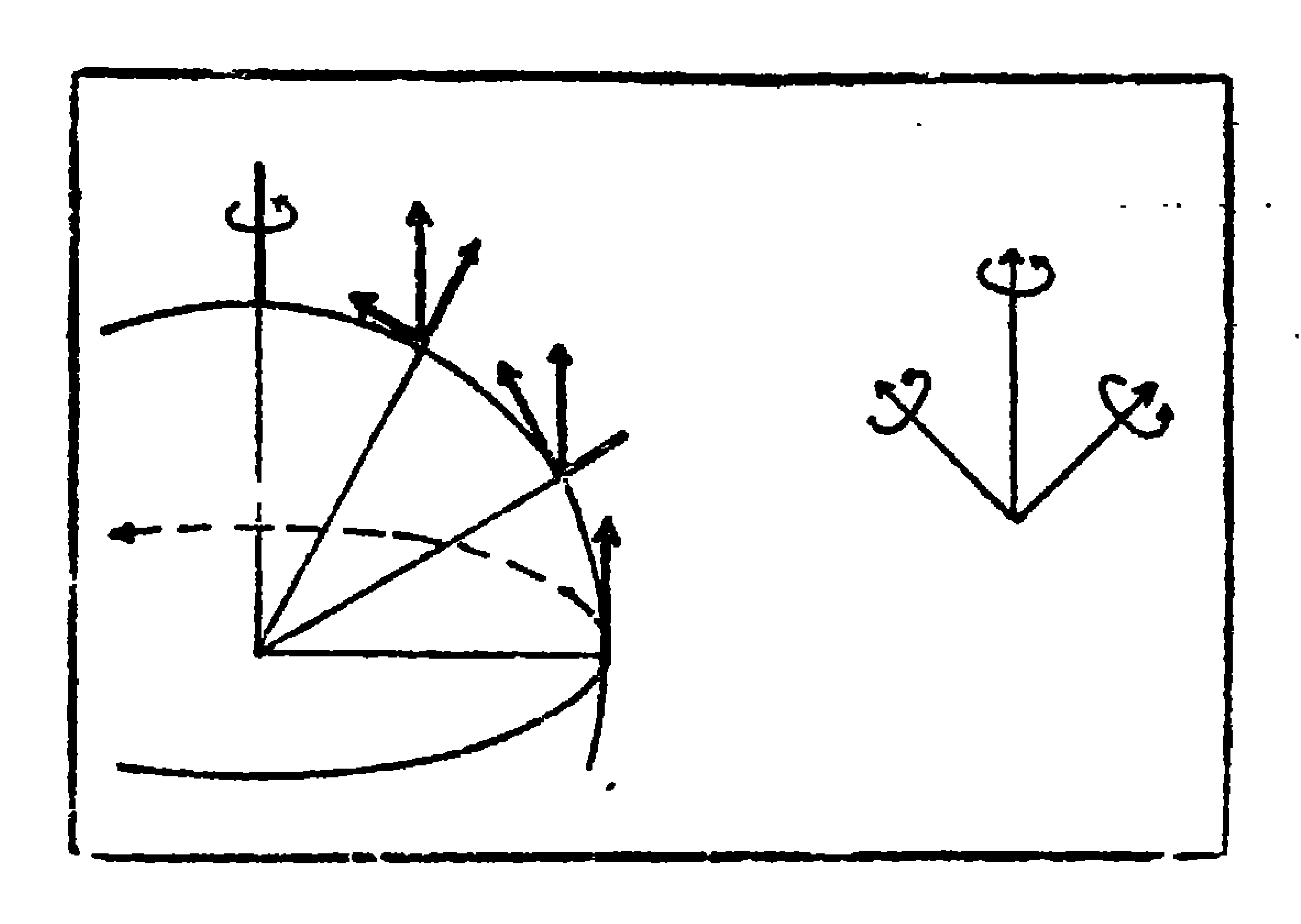
الاستواء ودائرة العرض ٣٥° شمالا وجنوبا ، **والنطاق المعتدل والبارد فيما بين دائرة العرض ٣٥° شمالا وجنوبا والقطبين**.فالرياح تتحرك ناقلة الدفء الى الجهات الباردة ، والبرودة الى الجهات الدافئة .

٢ ـ التضـــــاريس :

فهى تؤثر فى سرعة الرياح التى تزداد بالارتفاع عن منســوب البحر ، وتتسبب عوائق التضاريس فى تغيير اتجاه الرياح ، وانقسامها أحيانا فى عدة شعب . وحينما تصطدم الرياح بسلاسل الجبال العالية تصعد نحو ذراها ، وتجد منافذ لها فى الممرات الجبلية فتتشعب . وعقب عبورها للجبال تعود الى الهبوط . وتتغير درجة حرارتها نحو البرودة عند الصعود ، فيحدث التكاثف ، بينما تزداد حرارتها عند الهبوط لتضاغطها ، وهذا ما أسميناه من قبل بعمليات التبريد والتسخين الذاتية **Adiabatiic Cooling and Heating**

٣ ـ قوة الاحتكـاك :

ليس **لعامل الاحتكاك Friction** أهمية تذكر بالنسبة للرياح فى طبقات الجو العليا،حيث تصبح السيادة والتحكم فى سير وتحريك الرياح وتوجيهها لعاملى انحدار الضغط وقوة كوريولى . فاذا ما اقتربت الريـــاح من سطح الأرض فان الاحتكاك يصير مهمـــا للغاية . ذلك أن قوة الاحتكاك تحد من سرعة الرياح ، لأنها تعمل فى اتجاه مضاد لاتجاه الرياح ، فتأثيرها معاكس لانحـــدار الضغط .

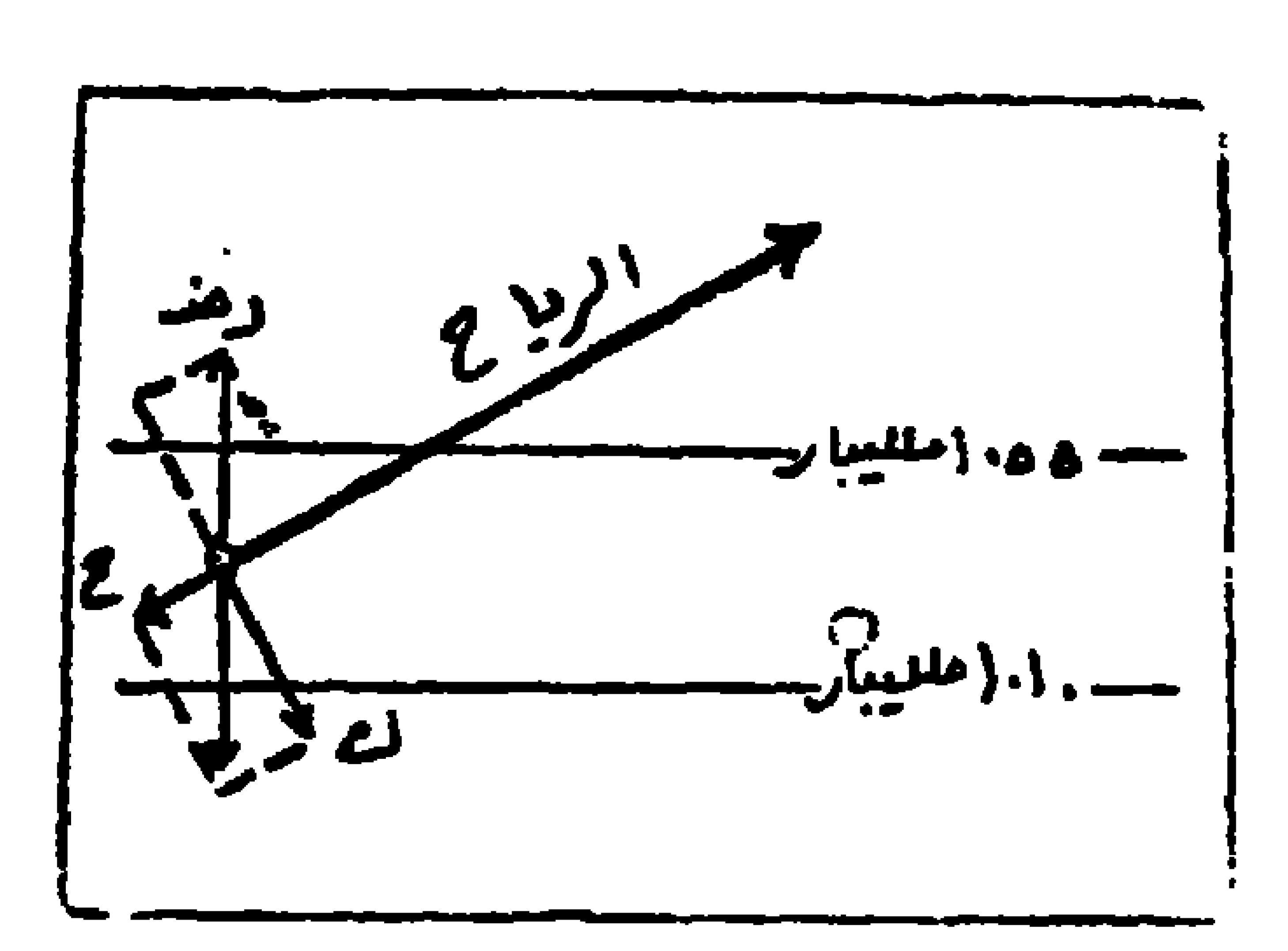


شكل رقم(١٥)المركبات الأفقية والعمودية فى حركة دوران الأرض حول نفسها

وطبيعى أن ازدياد خشونة السطح يعرقل سير الرياح ويقلل من سرعتها وقد ظهر أن طبقة الهـواء الرقيقة المـلامسة لسـطح الأرض بسـمك بضعة ملليمترات ساكنة لا تتحرك • وتزداد سرعة الرياح بطبيعة الحال بالارتفاع من جهة ، وبانعدام العوائق الطبيعية (جبال وتلال) والبشرية (مزروعات وابنية ومنشآت) • وتزداد سرعة الرياح فوق السهول المنبسطة عنها فوق الاراضى الوعرة كما أن سرعتها فوق الريف تفوق سرعتها فى المناطق المدنية • وتزداد سرعة الرياح كثيرا فوق المسطحات البحرية والمحيطية ، حيث تنطلق فوق أسطح ناعمة دون أن يعترضها عائق •

٤ ــ القوة الناشئة عن دوران الأرض حول محورها :

يرتبط الغلاف الجوى كغـيره من أغلفة الأرض بحركاتها ، فهو يدور معها ، لكنه حين يتحرك فى صـورة رياح فان مساره عـبر خطوط العرض ينحرف الى يمين اتجاهه الاصلى فى نصف الكرة الشمالى، والى يسار اتجاهه الأصلى فى نصف الكرة الجنوبى ، وهذا القانون صاغه العالم فيريل فعرف باسمه (قانون فيريل) • ويرجع سبب انحراف مسار الرياح على هذا النحو الى التباين فى سرعة دوران الأرض حول محورها من الغرب نحو الشرق عند مختلف خطـوط العرض ، فسرعة الدوران تبلغ أقصاها عنـد دائرة الاستواء ، وتقل تدريجيا بالاتجاه شمالا وجنوبا حتى تصبح صفرا عند كل من القطبين •



شـكل رقم (٥٢)
الريـاح السطحية
محصلة لثلاث قوى هى :
١ ــ انحدار الضغط الجوى (د ض)
٢ ــ قوة الاحتكاك (ح)
٣ ــ قوة كوريولى (ك)

واذا كان فيريل هو الذى صاغ قانون الانحراف هـذا ، فان كوريولى Coriolis عالم الفيزياء الفرنسى الـذى عاش فى القرن التاسع عشر هـو مكتشف القوة التى تجعل كل الأجسام المتحركة حركة حرة على سطح الأرض تنحرف الى يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى والى شمال اتجاهها فى النصف الجنوبى • وهى ناتجة كما أسلفنا عن اختلاف سرعة دوران الأرض حول نفسها • والواقع أن الأرض لو كانت ثابتة لاتدور حـول محورها ،

لهبت الرياح مباشرة من مراكز الضغط المرتفع الى مراكز الضغط المنخفض، وقطعت خطوط الضغط المتساوى بزوايا قائمة . لكن هذا لا يحدث . وانما الذى يحدث أن الرياح تنحرف ، ويزداد انحرافها كلما ابتعدت عن دائرة الاستواء وتبلغ أقصى انحراف لها عند كل من القطبين .

من هذا نرى أن سرعة الرياح تتأثر بانحدار الضغط ، بينما يتأثر اتجاهها بقوة كوريولى . ويتجه تأثير قوة كوريولى دائما الى يمين القوة الناشئة عن انحدار الضغط الجوى ، ويظل متعامدا عليها . ولهذا فان اتجاه الرياح هو فى الواقع محصلة لهاتين القوتين ، اضافة الى قوة ثالثة أقل منهما تأثيرا ، وهى قوة الاحتكاك Friction التى سبق ذكرها ، والتى تؤثر فى سرعة الرياح السطحية أيضا . فالاحتكاك يقلل السرعة ، ويؤثر فى الاتجاه أيضا ، ويجعل الرياح أقل انحرافا ، بل يجعلها تقطع خطوط الضغط المتساوى بزوايا قريبة الى العمودية . وقد قدر أن الرياح تعبر خطوط تساوى الضغط بزوايا تتراوح بين ١٠ ـ ٢٠° فوق المسطحات المائية وبين ٢٠ ـ ٤٠° فوق الأراضى اليابسة .

التغير اليومى فى سرعة الرياح :

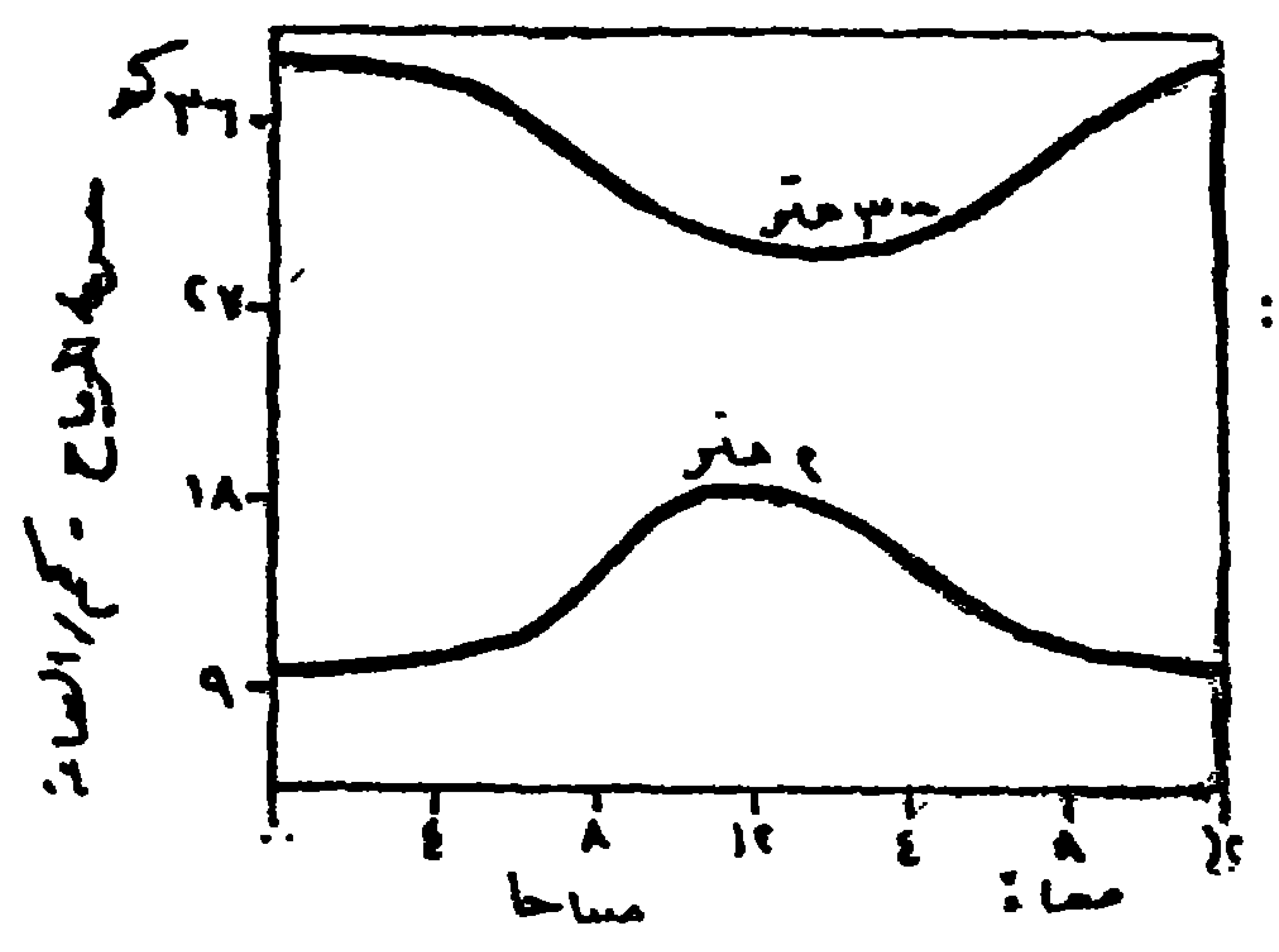
تتأثر سرعة الرياح واتجاهها ضمن طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض،والتى يصل سمكها حوالى مترين ، بالدورة اليومية لدرجة الحرارة. فاذا أغفلنا تأثيرات مختلف العوامل السابقة الذكر فى سرعة الرياح واتجاهها، نجد أن الأيام العادية الهادئة ، التى تخلو من الاضطراب الناتج عن هبوب جبهات هوائية أو وصول انخفاضات جوية ، تتميز برياح ذات نمط خاص فى السرعة والاتجاه . فالرياح السطحية القريبة من سطح الأرض تكون أكثر سرعة وانتظاما فى النهار منها فى الليل . فحينما تشرق الشمس فى الصباح تأخذ سرعة الرياح فى الزيادة ، وتبلغ أقصاها فيما بين الساعة ١٢ ظهرا والسادسة بعد الظهر ، ويكون اتجاهها منتظما ، وتهدأ الرياح بحلول الليل ، لكن اتجاهها يصبح متقلبا .

وينعكس الحال فى طبقات الجو الأعلى من الطبقة السطحية ، حيث تصبح الرياح أسرع وأقوى ، واتجاهها أكثر انتظاما فى الليل منه أثناء النهار . وتؤثر حركة الرياح اليومية فى الأيام الهادئة على حالة البحر ، فتقل ارتفاعات أمواجه بداية من غروب الشمس حتى بداية شروقها . ولهذا يؤثر الصيادون الخروج الى البحر للارتزاق من خيراته ليلا فى الأيام الهادئة.

ويرجع السبب فى هذا التغير فى سرعة الرياح واتجاهها قرب السطح

وفيما فوقه الى تسخين سطح الأرض بالاشعاع الشمسى أثناء النهار ، ومن ثم ترتفع حرارة الهواء الملامس له ، فيخف وزنه ويضطر للصعود ، ويحل محله هواء بارد يأتى من الطبقات الهوائية الموجودة فوقه . وتتوالى عملية التبادل الهوائى على هذا النحو نهارا . ونظرا لأن الهواء الهابط يكون أكثر سرعة ، فانه ينقل معه قوة دفع كبيرة تجعل الرياح السطحية أكثر سرعة وانتظاما . أما الهواء الصاعد فيكون أقل سرعة واضطرابا ،ومن ثم لايضيف قوة دفع تذكر الى الرياح العلوية التى تكون لذلك أقل سرعة أثناء النهار .

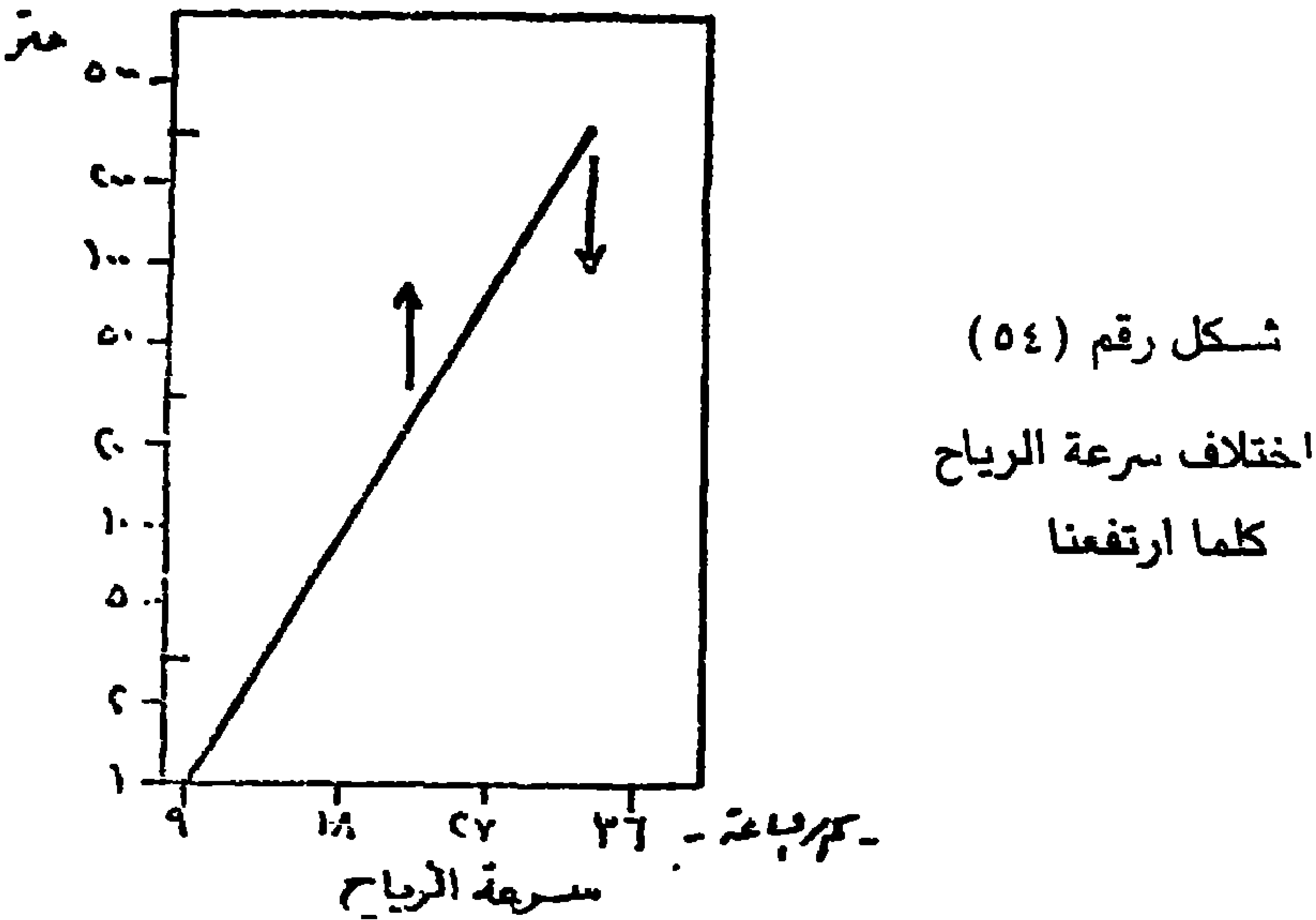
أما أثناء الليل فيصبح الهواء الملامس لسطح الأرض أشد برودة وأكثر كثافة وأكبر وزنا عن الهواء الذى يقع فوقه . ومن ثم يبقى قريبا من سطح الأرض فلا يحدث تبادل هوائى بينه وبين الهواء الموجود فوقه ، ومن ثم تتوقف قوة الدفع ، كما ويتأثر هذا الهواء القريب من سطح الأرض بفعل احتكاكه بذلك السطح ، وبالتالى تقل سرعته ، بينما تبقى الرياح الأعلى أكثر سرعة وانتظاما .



شكل رقم (٥٣)
الدورة اليومية للرياح :
أ ـ على ارتفاع مترين .
ب ـ على ارتفاع ٣٠٠ متر .

أثر الارتفاع فى سرعة واتجاه الرياح :

من الطبيعى أن تزداد سرعة الرياح بالارتفاع ، لأنها تبتعد عن تأثير تضرس سطح الأرض واعاقته لحركتها . ويعظم معدل الزيادة فى السرعة فى المستويات السفلى من التربوسفير ، خصوصا فى مجال سمك ٢ كم ، ثم يقل معدل الزيادة بعد ذلك . وقد وجد أن معدل سرعة الرياح بالارتفاع يزداد فى الشتاء عنه فى الصيف ، وفى الليل عنه فى النهار ، وفى المناطق الباردة عنه فى المناطق الحارة . ويرجع ذلك الى عامل الحرارة ، فالسرعة تزداد بانخفاض حرارة الجو واستقراره .



شكل رقم (٥٤)

اختلاف سرعة الرياح كلما ارتفعنا

وقد تبين بالقياس أن سرعة الرياح الغربية فى أعالى التروبوسفير تتراوح بين ٣٠٠ ـ ٣٥٠ كم/ساعة . لكنها تقل فى طبقة الاستراتوسفير فلاتزيد عن ١٥٠ كم/ساعة . وتهبط سرعة الرياح الى ١٢ كم/ساعة فى طبقة الايونوسفير .

ويزداد الانحراف فى اتجاه الرياح بالارتفاع ، وذلك بسبب تحررها من تاثير التضاريس من جهة ، وازدياد سرعتها من جهة أخرى . ويطرد ازدياد الانحراف بالارتفاع حتى تبلغ منسوبا عنده تنحرف كلية الى يمين اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الشمالى ، والى اليسار فى النصف الجنوبى. فاذا كانت الرياح متجهة أصلا من الجنوب الى الشمال فى نصف الكرة الشمالى فى طبقات الجو العليا انحرفت الى اليمين وأصبحت تهب من الغرب الى الشرق ، وتسير حينئذ موازية لخطوط تساوى الضغط . **وتعرف هذه الرياح العلوية باسم الرياح الجيوستروفية Geostrophic Winds .**

وتتميز هذه الرياح العلوية بالاستقرار والثبات فى السرعة وفى الاتجاه أيضا ، وأن كانت السرعة عموما تزداد فى الشتاء عنها فى الصيف وقد تبين انها ذات تاثير فعال فى أحوال الطقس على سطح الأرض . وهى،كما قدمنا، تهب من الغرب نحو الشرق فى الأجواء العليا من الاقاليم المعتدلة والباردة، رغم أنها أصلا جنوبية شمالية ، لكنها حينما تهب من أجواء النطاق المدارى العليا فى طريقها نحو المناطق القطبية تتعرض بشدة لقوة كوريولى ، فتنحرف لتصبح غربية .

أما اتجاه الرياح العليا فى الأقاليم الاستوائية والمدارية فيكون من الشرق نحو الغرب ، أى عكس الحال فى الأقاليم المعتدلة والباردة . وهذه الرياح فى الاصل شمالية جنوبية ، تهب من النطاق المدارى نحو النطاق الاستوائى ، فتنحرف بقوة كوريولى لتصبح شرقية غربية .

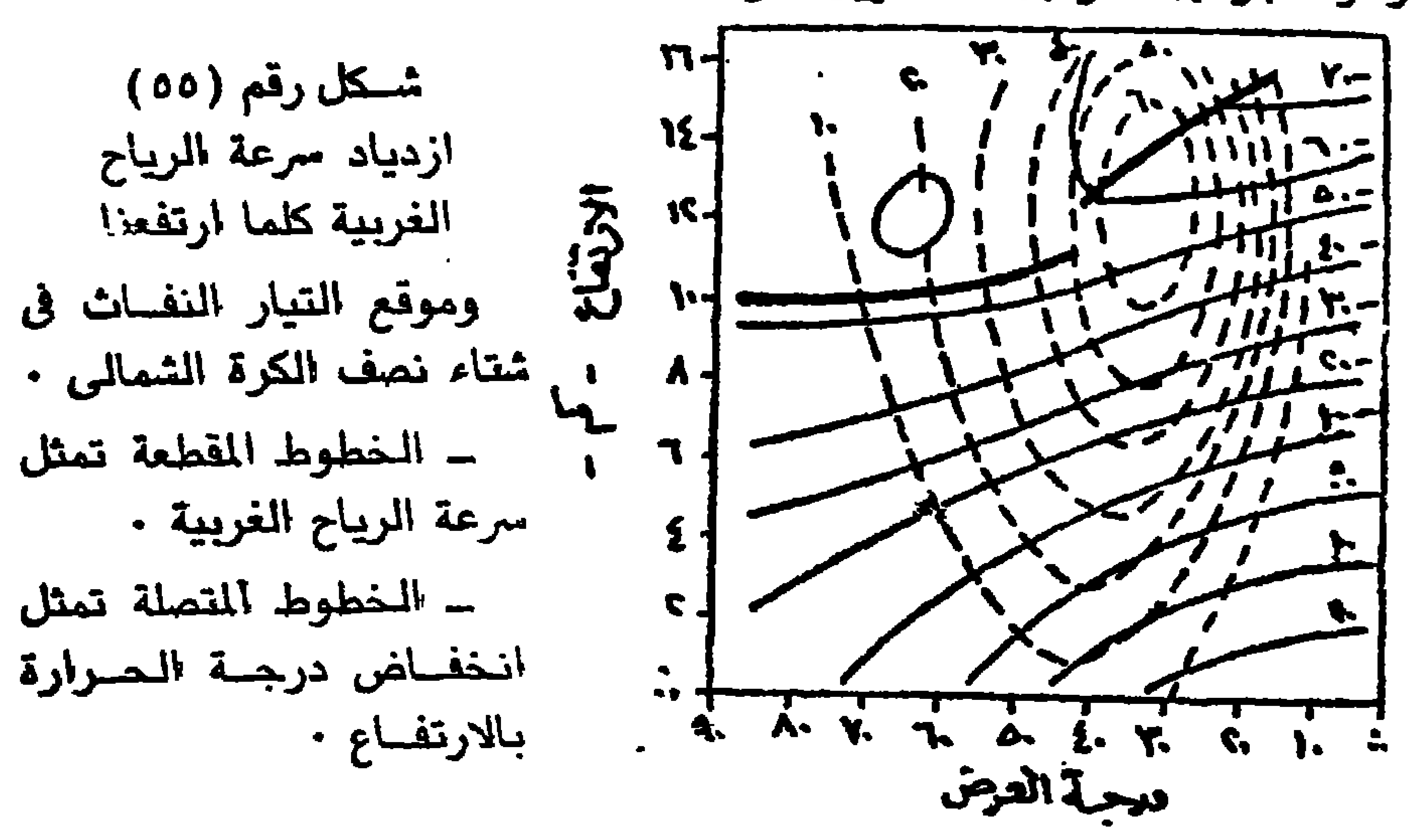
التيارات الهوائية العليا النفاثة :

لقد تبين أن دراسة حركة الهواء فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى ترتبط ارتباطا كبيرا بطبيعة حركة الهواء فى طبقات الجو العليا ، خاصة فى أعالى طبقة التروبوسفير وفى الطبقة الانتقالية فيما بين التروبوسفير والاستراتوسفير ، **والمعروفة باسم التروبوزى** . وهى كما سبق أن ذكرنا طبقة انتقالية فى الخصائص الحرارية بين الطبقتين المذكورتين . وتحظى بالدراسة والرصد ، فترسم لها خرائط طقس يومية مفصلة ، لانه قد يثبت وجود علاقة قوية بين خصائصها وبين الاضطرابات الجوية التى تحدث على سطح الأرض .

وعلى الرغم من تفاوت ارتفاع طبقة التروبوبوزى (بين ٩ - ١٢ كم فوق المناطق القطبية ، وبين ١٦ - ١٧ كم فوق المناطق الاستوائية والمدارية) **فانها تتميز بوجود تيارات هوائية علوية غاية فى القوة والسرعة تعرف بالتيارات النفاثة Jet Streams** ، التى تبلغ سرعة تحركها نحو ٥٠٠م/ساعة ، ويبلغ اتساعها بين ٥٠٠ - ٦٥٠ كم ، وسمك طبقة الهواء المتحركة والمكونة للتيار نحو ألف متر . ونظرا لاختلاف حرارة التربوبوزى بين الصيف والشتاء وتفاوت ارتفاعها ، فان التيارات النفاثة يتغير ارتفاعها أيضا بين الشتاء والصيف فيما بين ارتفاعى ٨ - ١٣ كم .

وتقع نطاقات هبوب هذه التيارات الهوائية العليا النفاثة مسامتة لنطاقات التقاء الجبهات والكتل الهوائية القطبية بالكتل الهوائية شبه المدارية فى نصفى الكرة الأرضية . وهى النطاقات الواقعة حول دائرة العرض ٢٥° شمالا وجنوبا تقريبا ، حيث يبلغ معدل انتقال الطاقة بين المناطق المدارية والقطبية أعلى حد له . وتبلغ سرعة هذه الرياح أقصاها عند ارتفاع حوالى ١٢ كم ، ومسامتة لدائرة العرض ٣٥° ، وهى فى حركة دائمة من الغرب الى الشرق ، لكنها تغير مواقعها من يوم لآخر ، كما أنها اقوى فى الشتاء عنها فى الصيف ، لأن ذلك يرتبط بمدى الفرق فى درجات الحرارة بين المناطق المدارية والقطبية . وتتزحزح نطاقات هبوبها شمالا وجنوبا مع حركة الشمس الظاهرية مثلها فى ذلك مثل الرياح السطحية . وتختلف درجات

حرارة هواء التيارات النفاثة ، فهواء جوانبها المـواجهة للقطبين باردة ، وهواء جوانبها المواجهة للمدارين دافىء ٠



شـكل رقم (٥٥)
ازدياد سرعة الرياح الغربية كلما ارتفعنا
وموقع التيار النفـاث فى شتاء نصف الكرة الشمالى ٠
ـ الخطوط المقطعة تمثل سرعة الرياح الغربية ٠
ـ الخطوط المتصلة تمثل انخفـاض درجـة الحـرارة بالارتفـاع ٠

وقد تبين من مختلف الدراسات المثيورولـوجية أن التيارات الهوائية النفاثة ذات صلة وثيقة بالاضـطرابات الجـوية على سطح الأرض ، فهى تتحكم الى حد كبير فى اتجاهات المنخفضات الجوية التى تتكون على طول الجبهات القطبية فى النطاقات المعتدلة والمعتدلة الباردة ، وفى حركاتها من الغرب الى الشرق ، وللتيارات النفاثة أهمية فى مجال الطيران المرتفع ، ذلك ان الطائرات تتبع مساراتها المواتية كى توفر فى الوقـود ، وتزيد من السرعة ٠ ولعله من الطريف أن نذكر أن قواد الطائرات العسكرية الأمريكية كانوا أول من أكتشف التيارات النفاثة ، خلال غاراتهم الجوية على جزر اليابان ابان الحرب العالمية الثانية ٠

أنواع الريـــــاح :

للرياح أنواع مختلفة يمكن وضعها ضمن أربع مجموعات هى :

١ ـ الرياح الدائمة ٠ ٢ ـ الرياح الموسمية ٠
٣ ـ الرياح المحلية ٠ ٤ ـ الرياح اليومية ٠

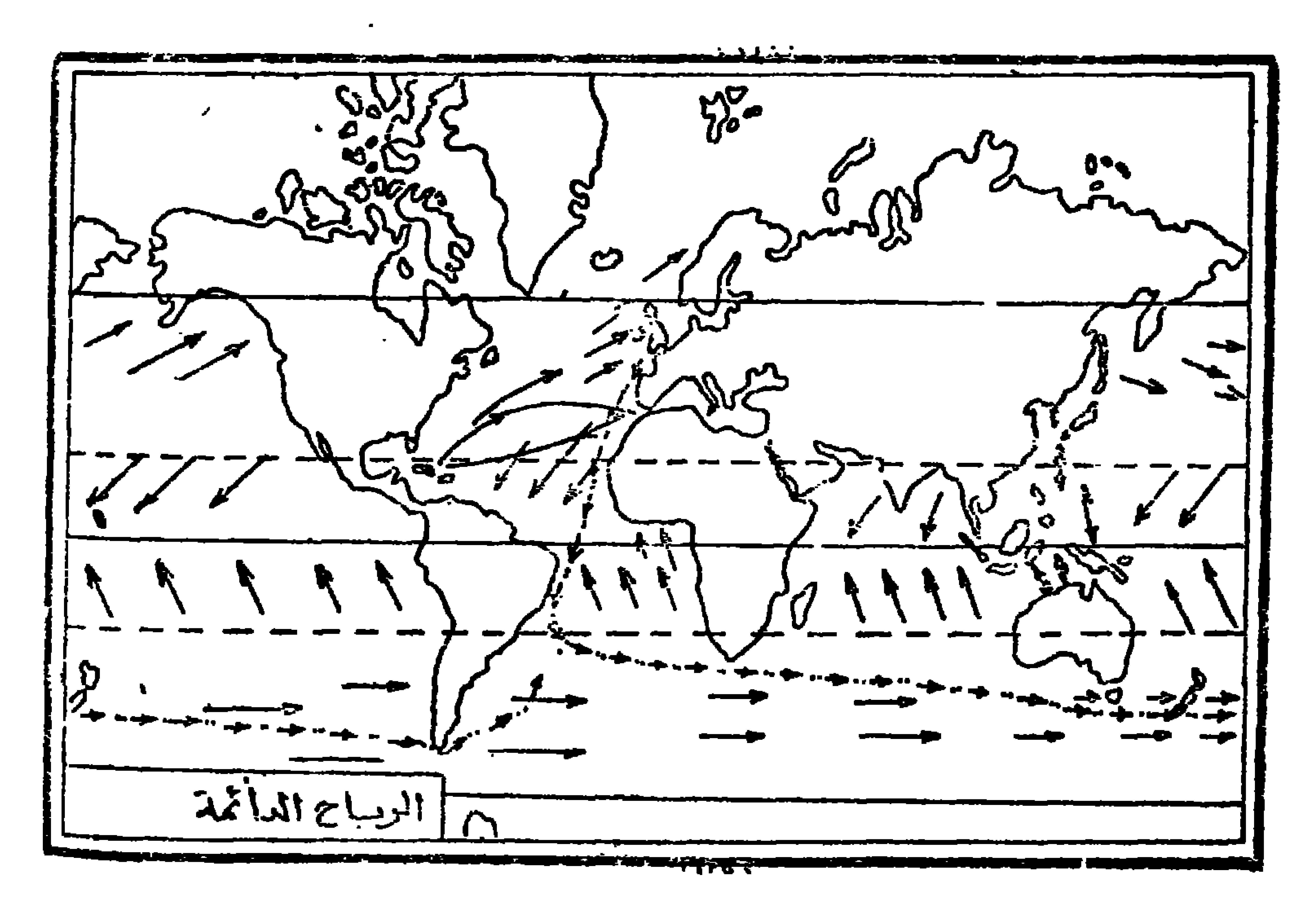
ويرتبط توزيع الرياح ارتباطا وثيقا بتوزيع الضغط الجوى واختلافه من منطقة لأخرى ٠ وقد أدى توزيع الضغط الجوى بالشكل الذى وصفناه فى الفصل السابق الى نشاة نظم خاصة بالرياح ، بعضها يظل ثابتا دائما تقريبا طوال العام ، بينما يتغير بعضها الاخر تبعا لما يصيب الضغط الجـوى من تغـيرات ٠

وتهب الرياح الدائمة بنظام ثابت تقريبا طول السنة ، وان كانت تختلف فى مدى قوتها ومجالات هبوبها من فصل لآخر • ويحدد هذه الرياح التوزيع الجغرافى لنطاقات الضغط الجوى فى العالم • وتتمثل فى ثلاثة أنواع هى : **الرياح التجارية The Trades والرياح العكسية أو الغربية The Westerlies ،والرياح القطبية The Polar Winds** •

أما الرياح الموسمية فتهب خلال مواسم أو فصول معلومة من كل سنة ، وذلك بسبب تغيرات فصلية فى توزيع درجات الحرارة والضغط الجوى فى مكان أو آخر على سطح الأرض ، ويتغير نظامها أحيانا تغيرا كاملا فى موسم الصيف عنه فى موسم الشتاء •

وتتميز الرياح المحلية التى تصاحب المنخفضات الجوية ، بأن تاثيرها يقتصر على مساحات محدودة من سطح الأرض ، ولا تهب الا أثناء فترات قصيرة لاتزيد على بضعة أيام ، فهبوبها متقطع فى فصول معروفة ، ولها أسماء محلية متعددة ، وبعضها حار مترب ، وبعضها الاخر بارد جاف •

والرياح اليومية رياح دورية محلية يتغير اتجاهها بين النهار والليل •



شكل رقم (٥٦) الرياح الدائمة

الريـــــاح الدائمة :

هى أهم أنواع الريـاح ، اذ أنها تهب طـول العام ، وتشمل ، كمـا أسلفنا ، الرياح التجارية أو التجاريات ، والعكسية أو الغربية أو الغربيات، ثم الرياح القطبية . ولكل منها خصائص ومميزات نجملها فيما يلى :

الريـاح التجـــــارية :

تهب الرياح التجارية من نطاقى الضغط المرتفع فيمـا وراء المدارين (عروض الخيل فيما بين دائرتى عرض ٣٠° ـ ٣٥° شمالا وجنـوبا) الى نطاق الضغط المنخفض (الزهو أو الركود) الاستوائى . وبسبب تاثير قوة كوريولى التى تجعل هـذه الرياح تنحرف الى يمين اتجاههـا الأصلى فى نصف الكرة الشمالى ، والى يسار اتجاهها الأصلى فى نصف الكرة الجنوبى، فان اتجاهها يصبح شماليا شرقيا فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبيا شرقيا فى نصف الكرة الجنوبى . ولهذا فانها تعرف أحيانا بالشرقيات **Easterlies** تمييزا لها عن الغربيات **Westerlies** أو الرياح الغربية أو العكسية .

وتتميز الرياح التجارية بانتظام هبوبها طول السنة سواء فى اتجاهها أو فى قوتها . وقد كانت لهذه الرياح أهمية عظيمة فى الملاحة البحرية أيام شيوع السـفن الشراعية ، فالريـاح الشمـالية الشرقية هى التى سـاعدت كولومبس فى اجتياز المحيـط الاطلنطى من غرب أفريقية الى جزر الهند الغربية (جزر البحر الكاريبى) . وقد كـانت السفن الشراعية التى تجوب نطاق الرهو الاستوائى تعانى من سكون الهواء وركوده فى ذلك النطاق الذى يتميز بالهواء الصاعد ، وكانت تتوقف عن الحركة فترات قد تمتد لبضعة أيام حتى يدركها هبوب الرياح التجارية الخفيفة فيساعدها على الحركة ، وينقذها من الركود .

ويبلغ اتساع نطاق هبوب الرياح التجارية نحـو ١٩٠٠ كم فى كل من نصفى الكرة الأرضية ، أى ما يقرب من ثلث مساحة الكرة الارضية . ويكاد يقتصر هبوبها على طبقات الجو السفلى فيما بـين ارتفاعى ٣ ـ ٤ كم . وسرعتها معتدلة تتراوح بين ١٦ ـ ٢٤ كم أى حوالى ٢٠ كم فى المتوسط . وهى أكثر استقرارا وهدوءا فى الاجزاء الشرقية من المحيطات عنها فى الاجزاء الغربية منها ، كما تتميز شرقى القارات فى مجال هبوبها برداءة الرؤية ، وذلك بسبب كثرة تكون الضباب فوق مياه التيارات البحرية الباردة،ولكثرة الغبار العالق بالجو بسبب هبوب رياح تجارية مترية من اليابس المجاور .

وللرياح التجارية أثر مهم فى تلطيف حرارة الجو فى الاقاليم التى تهب

عليها ، لانها تنتقل من جهات أقل حرارة الى جهات أعلى حرارة • واليها يعزى اعتدال جو الوجه البحرى بمصر صيفا •

والرياح التجارية جافة بصفة عامة الا اذا مرت على مسطحات بحرية أو محيطية ، فانها حينئذ تتشبع ببخار الماء ، الذى يتساقط فى شكل أمطار على الاجزاء المرتفعة فى السواحل الشرقية من القارات التى تقع فى مناطق هبوبها ، ولكنها تصل جافة الى الأجزاء الغربية من القارات التى تقع فى نفس دوائر العرض • وهذا هو السبب فى أن معظم صحارى العالم فى مجال هبوب الرياح التجارية تقع فى غرب القارات •

هذا ويتزحزح مجال هبوب الرياح التجارية فى نصفى الكرة الأرضية نحو الشمال ونحو الجنوب ، تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، وما يتبعها من تزحزح نطاقات الضغط المنخفض الاستوائى شمالا وجنوبا ، ويتحدد مجال التزحزح فى نحو عشر درجات عرضية • ويترتب على ذلك عبور الرياح التجارية لدائرة الاستواء ، فتضطر لتغيير اتجاهها الاصلى حسب قانون فرل (قوة كوريولى) • فتصبح الرياح التجارية الجنوبية الشرقية بعد عبورها دائرة الاستواء جنوبية غربية ، كما تصير الرياح التجارية الشمالية الشرقية بعد عبورها دائرة الاستواء شمالية غربية •

الرياح العكسية :

تهب من منطقتى الضغط المرتفع وراء المدارين (عروض الخيل) الى منطقتى الضغط المنخفض عند الدائرتين القطبيتين ، واتجاهها جنوبية غربية فى النصف الشمالى للكرة الارضية ، وشمالية غربية فى النصف الجنوبى • وتعرف أحيانا ، كلما أسلفنا ، بالرياح الغربية أو الغربيات •

وتختلف عن الرياح التجارية بقلة انتظامها وعدم استقرارها على حالة واحدة فى اتجاهها أو فى قوتها ، كما تمتاز بظهور كثير من الأعاصير التى تنتقل من الغرب الى الشرق ، وأثناء هبوب الأعاصير يسود الاضطراب فى اتجاه الرياح وسرعتها ، وقد تحدث عواصف هوجاء تصحبها رياح تهب من كل الجهات •

والرياح العكسية تهب على جهات أبرد من الجهات التى تهب منها ، وتكون مشبعة بالبخار ، ولذلك فانها تجلب الدفء والامطار للجهات التى تهب عليها فى غربى القارات •

ويشتد ساعد الرياح الغربية ، وتعظم قوتها فيما بين دائرتى عرض

٤٠° – ٥٠° جنوبا ، ولذلك تسمى هذه العروض لدى البحارة باسم العروض أو (الأربعينيات) المزمجرة Roaring Forties ، كما تسمى الرياح ذاتها «بالغربيات الجسورة» ·

والرياح الغربية أكثر انتظاما فى نصف الكرة الجنوبى عنها فى النصف الشمالى · فهى تتصف فى النصف الشمالى بالتغير الكبير من فصل لآخر · بسبب الاختلاف الفصلى فى درجات الحرارة وفى توزيع الضغط فوق اليابس والماء اللذين يتداخلان فى بعضها بشكل واضح · أما فى النصف الجنوبى فهبوبها منتظم بسبب تجانس السطح لغلبة الماء عليه ، خاصة فيما بين دائرتى عرض ٣٥° – ٦٠° جنوبا ، وان كانت تتميز بسرعتها العظيمة ·

وتتميز الهوامش الشمالية لمجالات هبوب الرياح الغربية فى نصف الكرة الشمالى فى الأجزاء الغربية من المحيطين الأطلسى والهادى بكثرة حدوث الضباب · ويرجع سبب ذلك الى تحرك الرياح الغربية الدافئة الرطبة فوق مياه المحيط الباردة · وفى ذات المناطق تلتقى تيارات بحرية دافئة آتية من الجنوب بتيارات مائية باردة آتية من الشمال مما يؤكد تكوين الضباب الكثيف · وهذا ما يشاهد بكثرة حول نيوفوندلاند وجنوب جرينلندا فى المحيط الأطلسى ، وحول جزر كوريل والوشيان فى شمال المحيط الهادى·

الريـــاح القطبية :

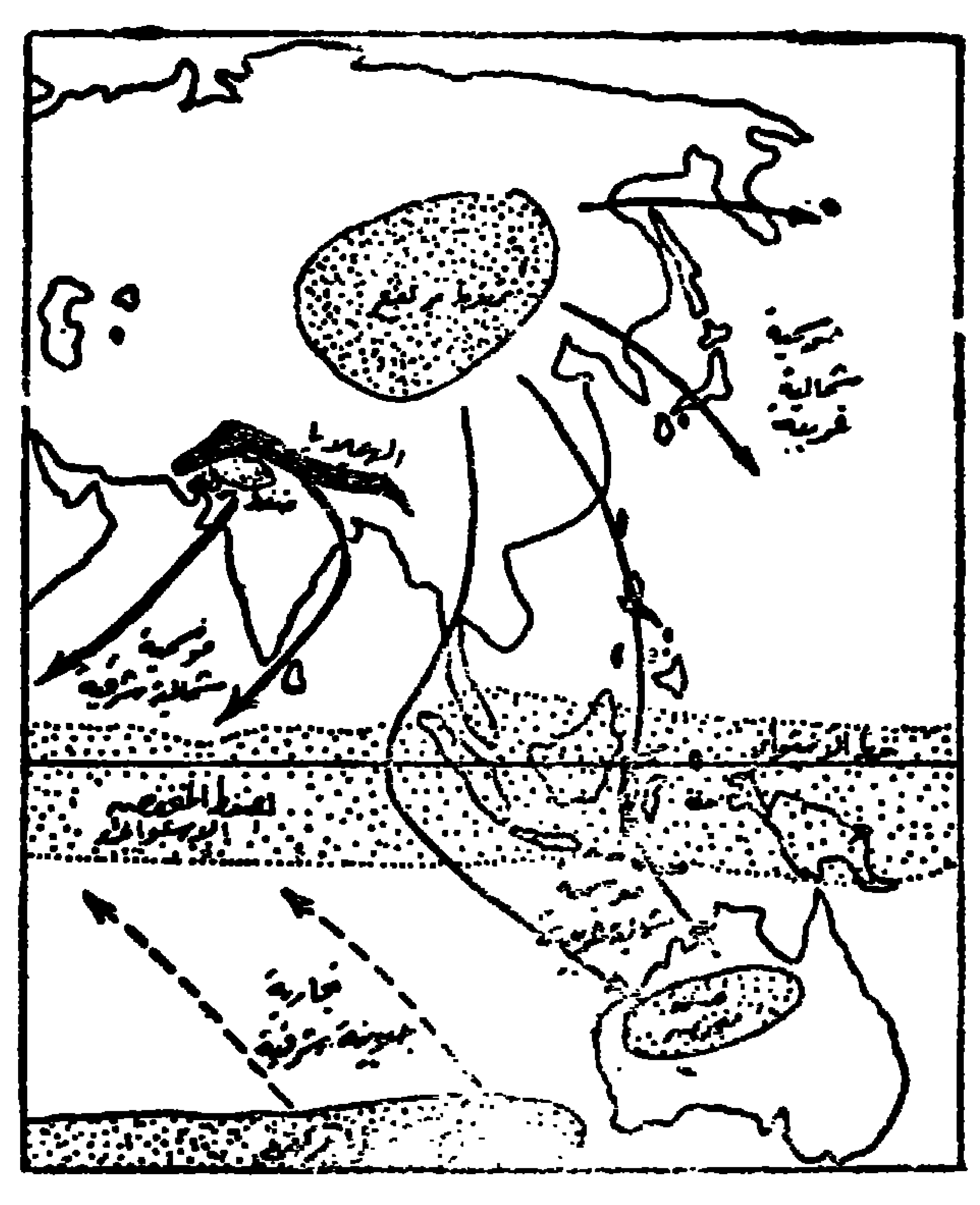
تهب من القطبين الى منطقتى الضغط المنخفض عند الدائرتين القطبيتين ، ويكون اتجاهها شمالية شرقية فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبية شرقية فى النصف الجنوبى ، ومن أهم مميزات هذه الرياح أنها باردة وجافة · وهى رياح ضعيفة فى العادة ، ولهذا عندما تلتقى بالرياح العكسية ، تتفوق عليها الأخيرة وتسود فى مجالات هبوبها · هذا ويؤدى التقاء الرياح العكسية بالرياح القطبية الى تشكيل جبهة هوائية تتولد على امتدادها الأعاصير التى تنتقل من الغرب الى الشرق مع الرياح الغربية ·

الريـاح المـوسمية :

وتهب هـذه الرياح فى مواسم معينة ، وتتميز بـأن اتجاهها يتغير فى معظم الأحيان فى فصل الصيف عنه فى الشتاء ، وهى تظهر غالبا فيما بين المدارين ، وعلى المناطق الشرقية للقارات ، وخير مثال لدينا هو الرياح التى تهب على القارة الآسيوية وخاصة على الهند والهند الصينية والصين واليابان وكـــوريا ·

وهى على نوعين : موسمية شتوية ، وموسمية صيفية .

ففى الشتاء يكون الهــواء باردا فوق قارة آســيا فيزداد ضغطه بسبب ارتفاع كثافته ، فى حين يكون الهواء على المحيطين الهادى والهندى أدفأ من الهواء على اليابس ، وبالتالى يكون ضغطه أقل ارتفاعا ، وتبعا لذلك تندفع الرياح من القارة الاسيوية نحو المحيطين السابقين .أى أنها تهب من الداخل نحو السواحل الجنوبية والشرقية ، وتتميز هذه الرياح الموسمية الشــتوية بانها باردة جافة الا اذا عبرت البحار أو المحيطات ، فانها تتشبع ببخــار الماء الذى يسقط على شكل أمطار عندما تعترضها المرتفعات .



شــكل رقم (٥٧)
الرياح الموسمية
فى فصــل الشتاء

وفى فصل الصيف يحدث العكس ، حيث يكون الهواء على القارة أكثر حرارة ، مما يقلل من ضغطه (ضغط منخفض) ، فى حين يكون الهواء على المحيطين الهادى والهنــدى أقل حرارة ، وبالتــالى أعلى ضغطا ، فتندفع الرياح منها نحو القارة ، وتكون جنوبية شرقية على شرقى القارة ، وجنوبية غربية على الهند ، وهذه الرياح الصيفية لها أهمية خاصــة ، لانها تأتى بالامطار الغزيرة على جنوب قارة آسيا وشرقها ، تلك الامطار التى يتوقف عليها قيام الزراعة ونجاحها ، ومن ثم اعالة مئات الملايين من السكان .

ومنذ بداية السبعينيات بدأت تظهر نظريات حديثة بعدما اتضح ضعف النظرية الكلاسيكية التى شرحناها والتى تفسر الرياح الموسمية على أساس الاختلاف فى توزيع الضغط الجوى بين وسط القارة والمحيطات المحيطة بها فى الصيف وفى الشتاء ٠ وقد اتضح قصور تلك النظرية عندما تبين أن الضغط المرتفع الذى يتمركز فوق وسط القارة فى الشتاء لا يوجد الا فى طبقة ضحلة من التروبوسفير ٠



شكل رقم (٥٨)
الرياح الموسمية
فى فصـل الصيف

وتأخذ النظريات الحديثة فى الحسبان عدة اعتبارات اهمها عظم مساحة يابس القارة الاسيوية واتصاله غربا بيابس القارة الأوروبية ، وهذا من شانه أن يساعد على زحزحة نطاق الضغط المنخفض الاستوائى فى الصيف حتى العروض الثلاثينية (حوالى ٢٥ ـ ٣٠° شمالا) ٠ وفى ذات الوقت يعاون الضغط المنخفض الذى يتكون فى وسط آسيا صيفا على جذب الرياح الموسمية شمالا حتى يصل تاثيرها الى جزر اليـابان وشرقى منشوريا ٠ اضـافة الى أهمية تجاور المسطحات المائية الهائلة المساحة مع اليابس الأوراسى المترامى الأطـــراف ٠

هذا وقد تبين من الدراسات الحديثة أن الرياح السائدة فى طبقات الجو

العليا فى جنوب آسيا هى رياح غربية ، حتى مع ان الرياح السطحية هى رياح موسمية . وتوضح خرائط مسارات الرياح الغربية العلوية أثناء فصل الشتاء ، أن نطاق جبال الهيمالايا وهضبة التبت يعترض مسارات تلك الرياح ، ويقسمها الى شعبتين ، تجرى شعبة منهما فى جنوبى ذلك النطاق الجبلى الهضبى العظيم الارتفاع ، وتقع الشعبة الثانية فى شماليه . وتقوى الشعبة الجنوبية شتاء ويتولد فيها تيار نفاث شديد الباس ، يجذب رياحا شمالية باردة من مراكز الضغط المرتفع الرابضة فوق مرتفعات شمال غرب شبه القارة الهندية . وفى ذات الوقت يكون ذلك التيار النفاث حاجزا منيعا يحول دون توغل الرياح الموسمية التى تهب من المسطحات المائية المجاورة من التوغل فى اليابس بعيدا عن الساحل .

وفى بداية الصيف تتوفر عدة عوامل تساعد على اندفاع الرياح الموسمية الصيفية من المسطحات المائية المحيطة وتوغلها فى داخل القارة الاسيوية ، جالبة معها المطر الغزير منها :

١ ـ اضمحلال الشعبة الجنوبية من التيار النفاث وانتقالها شمالا مع بداية الصيف .

٢ ـ تكوين تيار نفاث فى مجال هبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية حول دائرة العرض ١٥° شمالا .

٣ ـ تكوين نطاق من الضغط المنخفض العميق يتمركز فوق شمال الهند .

هذا وتنفرد القارة الآسيوية بهذا النظام الموسمى المثالى . وتوجد نظم شبه موسمية فى جهات اخرى من العالم مثل شمال استراليا ،وسواحل اليمن وعسير ، وفى الحبشة ، وفى جنوب وجنوب شرق الولايات المتحدة الامريكية .

الرياح المحلية :

هى رياح تنشأ نتيجة لاختلاف الضغط الجوى فوق مساحات صغيرة نسبيا ولمدد قصيرة ، كما تسبب بعضها عوامل خاصة تتصل بأشكال التضاريس وهى تختلف عن الرياح الموسمية فى انها لا تشمل موسما كاملا ، وانما تهب فى فترات متقطعة .

وتهب الرياح المحلية حول المنخفضات الجوية ، ونظام هبوبها لذلك له نظام خاص لا يتمشى بالضرورة مع دورة الهواء العامة . ففى النصف الشمالى من الكرة الأرضية تهب الرياح المحلية فى مقدمة الانخفاضات الجوية من الجنوب ، ولذلك تكون حارة أو دافئة خصوصا فى النصف الصيفى من

السنة . أما فى مؤخرة المنخفض فتهب من الشمال ، ولذلك تكون باردة خصوصا فى النصف الشتوى من السنة . ولكل من هذه الرياح تأثيره الخاص من الوجهة البشرية . وهى تسمى بأسماء متباينة بحسب المناطق التى تهب عليها .

ويمكن تقسيم الرياح المحلية الى المجموعات الرئيسية الثلاث الآتية :

١ ـ مجموعة الرياح المحلية الحارة :

ويهب معظمها فى مقدمة المنخفضات الجوية ، وأشهرها الخماسين والقبلى ، والسيروكو والسولانو ، والهرمطان والهبوب .

٢ ـ مجموعة الرياح المحلية الدافئة :

ويهب معظمها فى مقدمة المنخفضات الجوية ، ولكنها لاتظهر الا فى المناطق الجبلية ، حيث تكتسب معظم حرارتها نتيجة لتضاغطها على منحدرات الجبال ، ومن أشهرها رياح الفون والشنوك .

٣ ـ مجموعة الرياح الباردة :

وتهب فى مؤخرة المنخفضات الجوية ، كرياح المسترال فى وادى الرون ، ورياح البورا فى شمال البحر الأدرياتى .

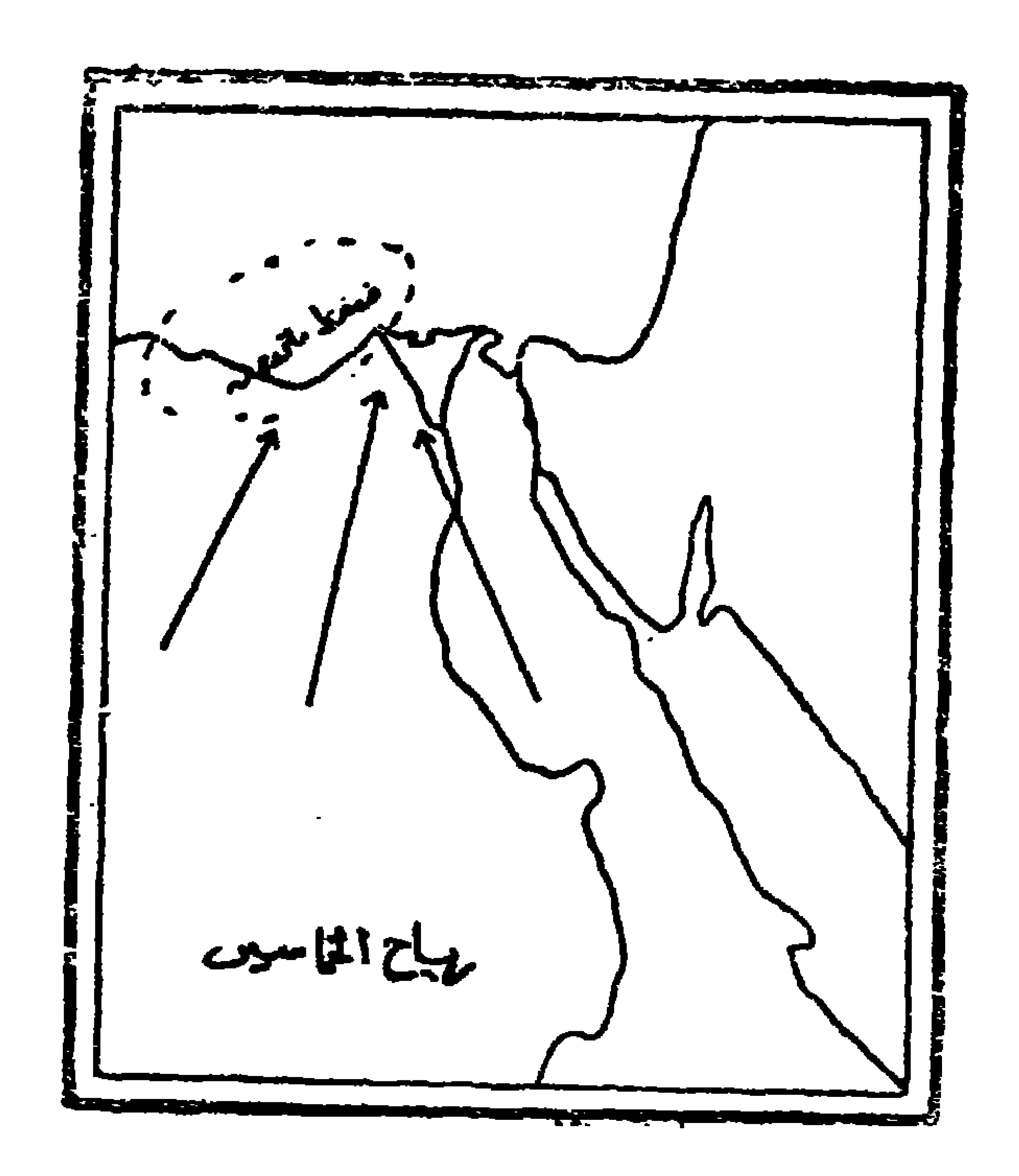
الرياح المحلية الحـارة :

الخمـاسين :

ويكون هبوبها فى فصل الربيع وأوائل الصيف ، أى فى مارس وأبريل ومايو ويونيو بمعدل ثلاث مرات فى الشهر ، وهى لا تهب فى جميع هذه الفترات بانتظام ، ولكنها تهب فى فترات متقطعة عندما توجد منطقة من الضغط المنخفض فى شمال غربى الدلتا شكل رقم (٥٩) .

والخماسين رياح ساخنة ترفع من درجة الحرارة ، وتحمل الغبار وتنشره فى الجو ، فيؤذى الانسان والحيوان والنبات الرقيق كالخضر التى تتأثر بانخفاض الرطوبة النسبية انخفاضا واضحا .

ويصيب مدن مصر وقراها مقدار عظيم من الاتربة والرمال الدقيقة فلقد قدر ما سقط من غبار عاصفة خامسينية حدثت فى يومى ٢٣ ، ٢٤ فبراير من عام ١٩٨١ على مدينة القاهرة وحدها مازنته أكثر من خمسة آلاف طن ، وقد خص الكيلو متر المربع الواحد من مساحة المدينة نحو ١٦ طنا . وتعذرت الرؤية لمسافة مائة متر ، وبلغت سرعة الرياح المتقلبة الاتجاه أكثر من ٨٠ كم فى الساعة .



شكل رقم (٥٩)
رياح الخماسين

والأيام التى تسود فيها هى فى المتوسط ٢٧ يوما فى كل عام ، منها نحو سبعة أيام فى كل من مارس وابريل ، وستة فى فبراير ، وخمسة فى مايو ، ويومان فى يونيو · ويستمر هبوب الرياح حين يمر منخفض خماسينى على مصر من يوم الى خمسة أيام ، يكون فيها يوم واحد شديد الحرارة قاسيا ، ويكون الجو فيه مكفهرا متربا ، يبعث فى النفس الضيق والضجر ·

ويختلف اتجاه الرياح باختلاف موقع المكان من مركز الاعصار · ويكون اتجاهها جنوبية شرقية اذا كان مركز الاعصار فى غرب الدلتا ، فاذا أصبح فى شمال الدلتا صارت جنوبية ، فاذا ما صار فى شرق الدلتا أصبحت جنوبية غربية · وهى تسبب الكثير من الحرائق فى الريف بسبب اضطراب وكثرة تغيير اتجاهها ، كما تنتشر أمراض العيون ·· وتبلغ درجة الحرارة أثناء الموجة الحارة ٤٥°م · وفى نهاية الموجة تهب الرياح باردة من الشمال ، فتنخفض الحرارة الى نحو ١٥° مئوية ·

رياح القبلى (الجبلى) :

هى كما يدل اسمها رياح جنوبية ، وهى محلية صحراوية ، وحارة متربة ، تشبه الخماسين فى جميع خصائصها · وهى تهب على الأجزاء الشمالية من ليبيا فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر بازاء السواحل

الجنوبية للبحر المتوسط من الغرب الى الشرق فى فصل الربيع واحيانا فى الخريف . وحين تهب على سواحل برقة تجلب الغبار ذا اللون الضارب الى الحمرة من جنوب برقة الحمراء . أما بالنسبة لسواحل سيرت غربا حتى الحدود مع تونس فيصير الغبار رماديا من الصحراء الليبية . ويحدث أن تنخفض الرطوبة النسبية عند هبوب القبلى الى أقل من ١٠٪ ، لانها تاتى من الجنوب من ناحية الصحراء .

رياح السموم والغبار والطوز :

السموم رياح صحراوية حارة جافة مترية ، فهى صورة مكثفة من الخماسين والقبلى . وتشتهر بها الأجزاء الشمالية من صحراء شبه جزيرة العرب وكذلك فلسطين والأردن وسوريا . وتهب على تلك الجهات بصفة عامة من الجنوب ، وذلك فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر بتلك الجهات فى فصل الربيع .

أما الغبار والطوز فتهبان من صحراء الربع الخالى الى منطقة الخليج العربى . وتشتهر الكويت بالطوز.وهى جميعا رياح شديدة القيظ ، يصحب هبوبها طقس معتم كثيف الغبار .

رياح السيروكو :

يقال ان كلمة سيروكو Sirocco مأخوذة عن الكلمة العربية «شرق» . وهى رياح محلية تهب من الصحراء الكبرى الافريقية العربية عبر البحر المتوسط الى جزره (جزر كريت وايجة وصقلية) والى اليونان وايطاليا والى جنوب فرنسا أحيانا ، وذلك فى فصل الربيع . وهى فى الأصل الخماسين والقبلى بعد هبوبهما على شمال أفريقيا تعبران البحر المتوسط حيث تسميان فى جنوب أوروبا بالسيروكو .

ويساعد على ازدياد قوتها التغير السريع فى الضغط الجوى من الجنوب الى الشمال ، وتكون حارة محملة بالاتربة ، ثم تتشبع بالرطوبة عند مرورها على مياه البحر المتوسط ، فتسقط حمولتها من بخار الماء على تلك الجهات مطرا . وللسيروكو آثار سيئة على الانسان بسبب شدة حرارتها وعظم رطوبتها وكثرة غبارها ، وعلى النبات الذى قد يتلف بسببها .

رياح السولانو :

السولانو Solano كالسيروكو رياح ساخنة تهب من الصحراء الكبرى الأفريقية على جنوب أسبانيا ، وتكون محملة بالرمال والرطوبة . وهى

تهب شرقية على منطقة جبل طارق، وتتسبب فى احداث دوامات مائية تكون خطرا على الملاحة .

ويطلق على هذه الرياح أحيانا اسم **الليفانتر Levanter** لأنها تهب من الشرق ، أى من جهة الليفانت Levant ، وهو التعبير الأوروبى الذى يطلق على منطقة الحوض الشرقى للبحر المتوسط .

وتهب هـذه الرياح على شرق أسبـانيا حيث تسمى ليسـت Leste أى الشرقية . وعلى جنـوب شرقهـا حيث تعرف باسـم ليفيش Leveche وجميعها ، كما أسلفنا ، رياح حارة رطبة مترية تهب فى مقدمة المنخفضات الحارة بمنطقة الحوض الغربى للبحر المتوسط .

الهرمتـــــان :

الهرمتان Harmattan رياح محلية حارة شديدة الجفـاف ومترية . وتهب من الصحراء الكبرى الافريقية فى فصلى الشـتاء والربيع نحو ساحل غانا فى غرب افريقيا . واتجاهها شرقى أو شمالى شرقى . وسبب هبوبها الاختلاف بين الضغط المرتفع فوق الصحراء الكبرى فى الشتاء وبين الضغط المنخفض الاستوائى .

ورغم أنها حارة ومترية فان السكان هناك يرحبون بهبوبها ، ويسمونها الطبيب ، لأنها تريحهم ، ولو لفترة قصـيرة ، من الرطوبة العـالية التى يتصف بها ساحل غانا وافريقيا الغربية .

الهبـــــوب :

هى زوابع ترابية تهب على شمال السـودان ومنطقة جنـوب البحر الأحمر فى فصل الصيف ، وهى تنشأ بسـبب منخفضات محلية شـديدة فى الضغط تتولد نتيجة لشدة الحرارة ، فيؤدى هذا الى اثارة تيارات هوائية صاعدة محملة بالاتربة سرعان ما تتلقفها الرياح الجنوبية السائدة حينئذ ، وتدفعها فى هيئة سحب هائلة من الغبار ، وتلقى به على المدن والقرى . وقد تبقى هذه الأحوال من يوم الى ثلاثة أيام ، ويصحبها برق ورعد وتسـاقط أمطـــار .

البريكفيلدرز Brickfielders :

رياح حارة مترية تهب فى فصـلى الربيع والصيف على جنـوب شرق استراليا من الصحراء الغربية الأسترالية فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تعبر القارة من الغرب الى الشرق . وتنتهى بعد أن تهب عدة أيام ، وتحل

محلها رياح باردة فى مؤخرة المنخفض تهب من الجنـوب ، وتعرف باسم الرياح المندفعة الجنوبية Southerly Burster .

الريـاح المحلية الدفيئة :

رياح الفـــون Foehn :

هى رياح دافئة جافة ، تهب من شمال ايطـاليا الى سويسرا ، والمانيا فى فصلى الشتاء والربيع . وهى تنشأ من التباين فى الضغط بين منطقة سهل لومباردى وسفوح الألب الجنوبية حيث يرتفع الضغط ، وبين سفوح الألب الشمالية ووسط أوروبا حيث تمر المنخفضات الجوية أو الأعاصير من الغرب الى الشرق . فيؤدى هذا الى اندفاع الهواء من الضغط المرتفع صاعدا على السفوح الجنوبية للالب فيبرد ، ويتكاثف بخاره ، ويتساقط مطرا ، فيكتسب الهواء أسعار الحرارة الكامنة التى كانت ببخار الماء ، وعندما تهبط الرياح على السفوح الشمالية للالب ، تتضـاغط ، فتزداد حرارتها . لذلك تصبح هذه الرياح دافئة وجافة .

ولهذه الرياح آثار طيبة ، فهى تذيب الجليـد ، وترتفع بسببها حرارة الاقاليم التى تهب عليها من صفر الى ١٥°م وأحيانا الى ٢٠°م ،ولذلك تساعد على نضج الفـواكه والحبوب . وقـد تسبب الفـون بعض حرائق الغابات لسرعتها وشدة جفافها ، كما قد تضر مرضى القلب .

ريـاح الشـــوك :

وتشبه الشنوك Chinook الفون فى مواسم هبوبها ، فهى تهب فى الشتاء والربيع ، كما تشبهها فى طريقة هبوبها . فهى تاتى من المحيط الهادى نحو غرب أمريكا الشمالية ، فتعترضها جبال الروكى ، فتضطر الى الصعود على سفوحها الغربية ، والهبوط على سفوحها الشرقية ، فتدفأ بسبب تضاغطها. والكلمة من أصل هندى أمريكى،وتعنى مذيبة الثلوج بسبب ارتفاع حرارتها. وهى لذلك تساعد على نضج محصـول القمح فى برارى الولايات المتحـدة وكندا ، كما تساعد على نمو المراعى .

سانتـــا انـــا :

تهب رياح سانتا أنا Santa Ana على جنـوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة فى فصلى الشتاء والربيع (حيث تمر الاعاصير) من الصحراء الواقعة شرق السييرا نفادا حيث يرتفع الضغط ، ومنه يندفع الهواء عبر الجبال ، ثم ينحدر الى الساحل الغربى حيث تمر المنخفضات الجوية .

وهى نوع من الريـاح يحمل صفات الخماسين وصفات الفـون ، فهى

كالخماسين صحراوية وحارة مترية ، وعندما تهبط من أعالى السييرانفادا تتضاغط ، وترتفع حرارتها أكثر ، كما يحدث للفون ، وهى ذات تاثير سىء على المحاصيل خصوصا فى الربيع حينما تبدأ أشجار الفاكهة فى اخراج براعمها ، كما أنها مصدر مضايقة للانسان والحيوان . وهى تحمل اسم وادى سانتا أنا الذى تهب على امتداد طوله .

الرياح المحلية الباردة :

المسترال :

تهب رياح المسترال Mistral فى فصل الشتاء من أواسط فرنسا نحو الجنوب خلال دهليز وادى الرون . تجذبها بشدة الانخفاضات الجوية المارة فى الحوض الغربى للبحر المتوسط ، فتندفع بسرعة تبلغ نحو ٦٠ كيلو مترا فى الساعة ، وقد تبلغ المائة ومما يزيد فى سرعة هذه الرياح وشدة برودتها هبوط الهواء البارد من ذرى الجبال المحيطة بوادى الرون نحو قاعه ، فيضاف الى هوائها البارد . وحينما تصل الى مياه البحر المتوسط تثير المياه فتعلو الأمواج وتصبح خطرا على الملاحة البحرية .

وهى باردة جدا وجافة وتؤخر نضج المحاصيل ، وتسبب برودة سواحل الريفييرا ، فيهجرها السائحون أثناء هبوبها .

البورا :

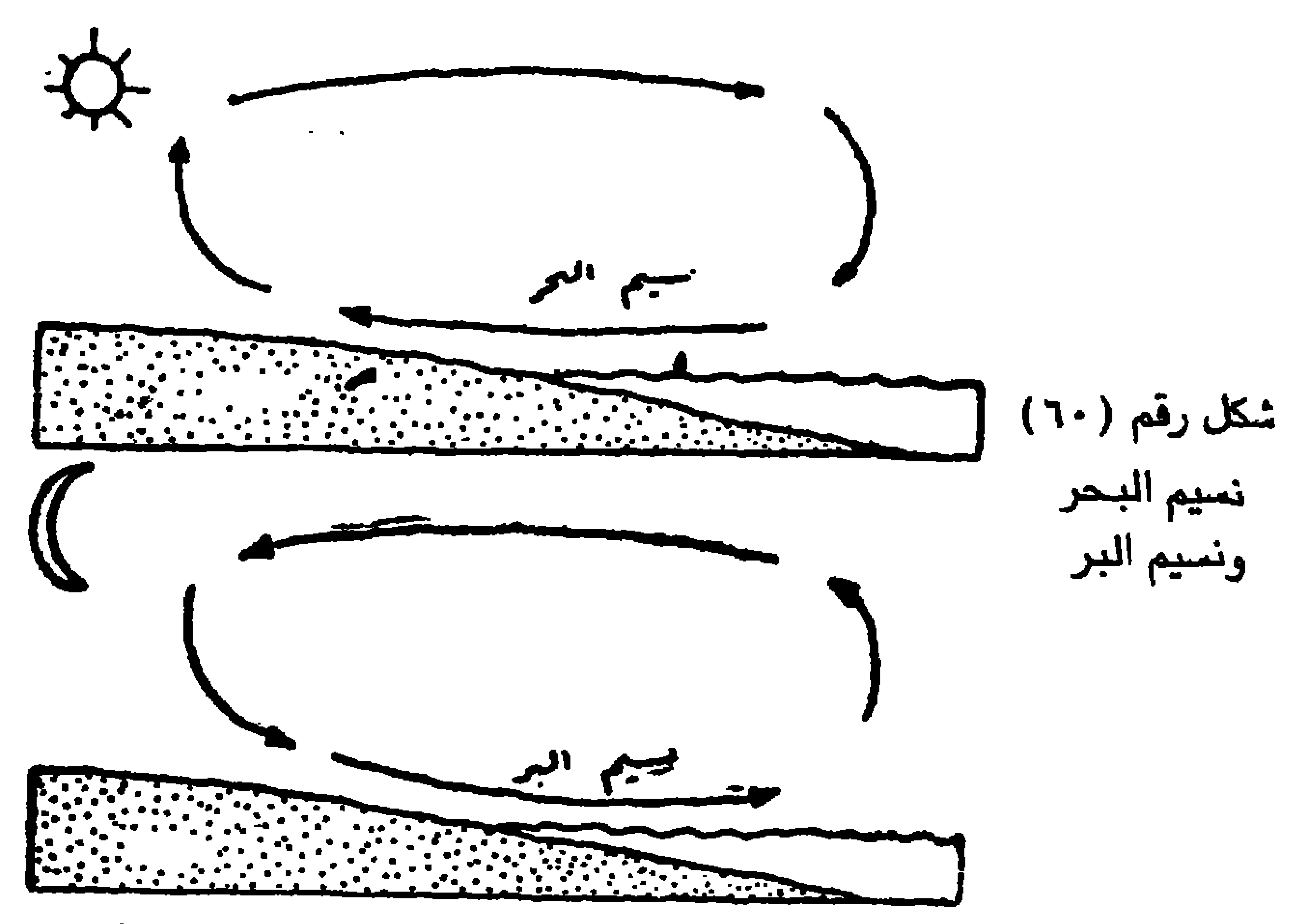
وهى تشبه المسترال . فهى رياح شمالية شديدة البرودة والجفاف تهب فى فصل الشتاء من جبال الالب الى شمال البحر الأدرياتى ، وهى تنشأ بسبب مرور منخفضات جوية (أعاصير) فى البحر الأدرياتى تجذبها اليها . وكلمة بورا Bora تعنى ريح الشمال .

الرياح اليومية :

تحدث هذه الرياح بانتظام فى كل يوم ، ومن أمثلتها نسيم البر والبحر ، ونسيم الوادى والجبل ، فالمناطق الساحلية والأقاليم الجبلية تشهد تغيرا يوميا فى اتجاه الرياح يحدث بصفة دورية أو شبه دورية ، ولهذا فانها تختلف عن الرياح التى سبق ذكرها والتى تصاحب المنخفضات الجوية .

نسيم البر ونسيم البحر :

يسببه تجاوز اليابس والماء فى المناطق المدارية ، وفى العروض المتوسطة ففى أثناء النهار يسخن هذا اليابس ، فينخفض ضغطه ، بينما يظل هواء البحر أقل حرارة ، ومن ثم يصبح ضغطه مرتفعا ، فيهب من البحر الى البر



شكل رقم (٦٠)
نسيم البحر
ونسيم البر

نسيم لطيف يسمى نسيم البحر • ويمتد تاثيره فى داخل اليابس لمسافة لاتزيد على ٥٠ كيلو مترا من ساحل البحر •

أما نسيم البر فيحدث ليلا ، حين يبرد هواء اليابس فيصبح ذا ضغط مرتفع ، بينما يحتفظ هواء الماء بحرارته فيصبح ذا ضغط منخفض ، فيهب من اليابس الى البحر نسيم يسمى نسيم البر شكل رقم (٦٠) •

نسيم الوادى ونسيم الجبل :

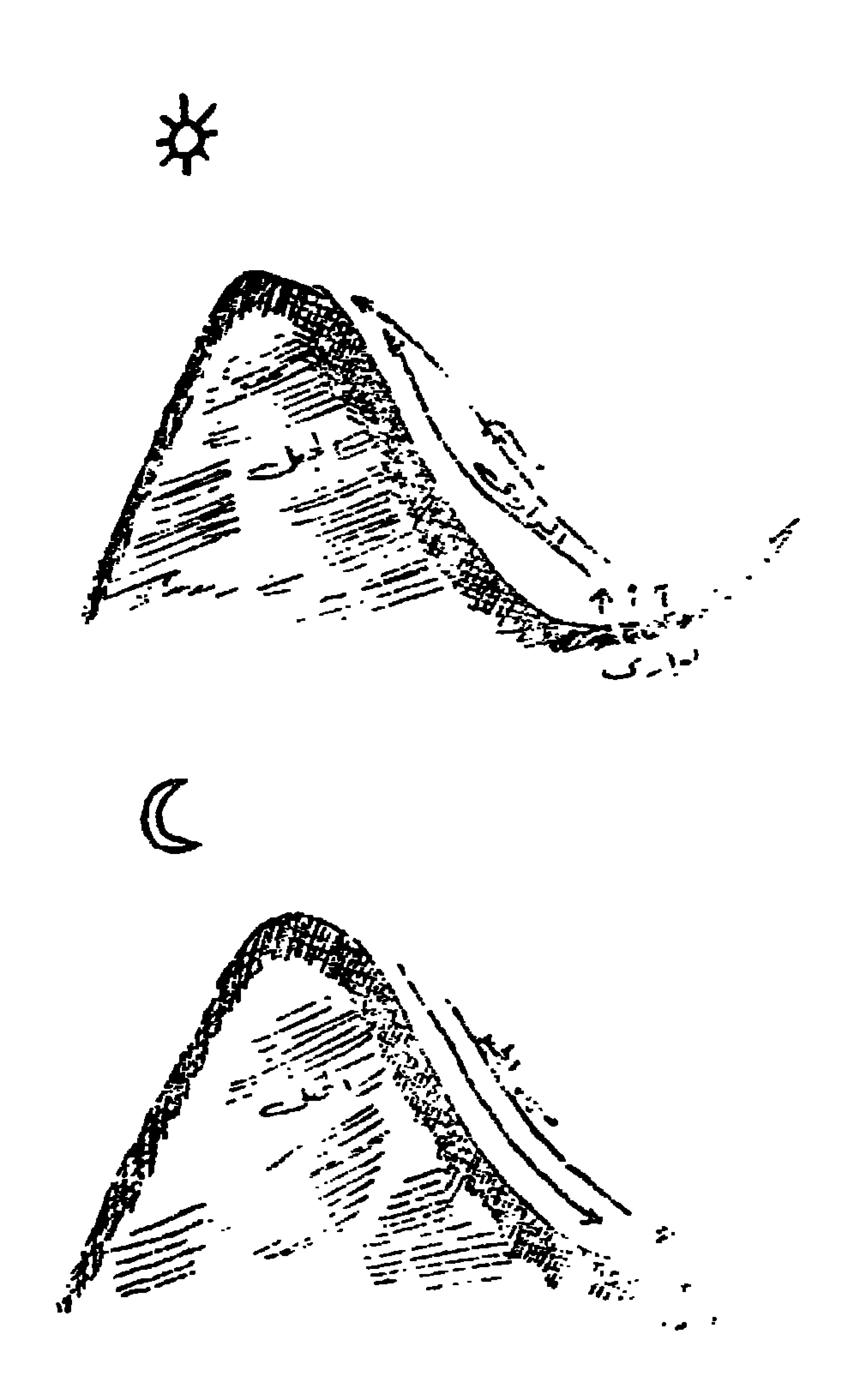
أما نسيم الوادى والجبل فيرجع سببه الى عامل التضاريس والجاذبية الأرضية شكل رقم (٦١) • ويكثر حدوثه فى الجهات الجبلية كسويسرا •

ويحدث نسيم الوادى نهارا • فعندما تسطع الشمس فانها تدفىء هواء الوادى ، فيتمدد ويزحف على منحدر الجبل صاعدا نحو قمته ، وهو دافىء يذيب بعض الجليد ان وجد ، ويمكن تسميته أيضا **بالهواء السفحى الصاعد** Anabatic Wind •

أما نسيم الجبل فيحدث ليلا : فعندما تغيب الشمس يبرد هواء الجبل وينكمش ، ويهبط من أعلى الجبل بسبب ثقله ، زاحفا نحو الوادى ، فيسبب برودته ، كما يسبب تكوين الضباب • ويمكن تسميته أيضا **بالهواء السفحى الهابط** Katabatic Wind •

ويلطف نسيم الوادى ونسيم الجبل من درجات الحرارة ، ويعوقان

تكون الصقيع على سطوح الوديان ، ويعرقلان نمو طبقة الهواء البارد أثناء الليـــل .



شكل رقم (٦١) نسيم الوادى ونسيم الجبل

الفصل السابع

مناطق الاضطراب والحركة
فى الغــلاف الجوى

ـ الكتل الهــوائية :

التعريف بها ، نشاتها ، أنواعها ، خصائصها ، استقرارها واضطرابها ، أثرها فى طقس ومناخ مختلف الأقاليم ، الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ مصر .

ـ المرتفع الجوى (ضد الاعصار) :

تعريفه ، نشاته ، انحدار الضغط فى منطقة ضد الاعصار .

ـ الجبهات الهــوائية :

تعريفها ، خصائصها ، مناطق تكونها .

ـ المنخفضات الجوية :

تعريفها ، كيفية نشاتها ، الكتل الهوائية وتكوين المنخفضات الجوية ، الظواهر الجوية التى تصاحبها ، توزيعها واختلاف خصائصها ومسالكها .

ـ أعاصير الأقاليم المدارية :

موازنة بينها وبين أعاصــير الجهات المعتدلة ، نشــأتها ، توزيعها ، مسالكها ، حركتها ، وآثارها .

أعاصير الترنادو :

نشاتها ، خصائصها ، آثارها .

ـ عواصف الرعد والبرق :

تفسير ظاهرة البرق والرعــد .



مناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى

تتمثل مناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى فيما يلى :

١ ـ الكتل الهوائية .	Air Masses
٢ ـ الجبهات والانخفاضات الجوية	Front & Depressions or Cyclones
٣ ـ الاعاصير المدارية .	Tropical Cyclones
٤ ـ العواصف الرعدية .	Thunderstorms
٥ ـ الارتفاعات الجوية أو أضداد الاعاصير .	Anticyclones

ولا شك أن وجـود هذه المناطق يمثل اخـلال بالتوازن الديناميكى فى الجو ، فالتباين فى الضغط يـؤدى الى انتقال الهواء من مكان الى آخر ، والى احداث الاضطراب والتغير فى أحوال الجو . ولا تدوم هـذه المناطق طويلا ، فلا يلبث الغلاف الجوى أن يتمكن من القضاء عليها ويعـود الى حالة التوازن . لكن مناطق اضطراب جديدة لا تلبث أن تتولـد وتتكون . ولهذا فان الطقس والمناخ ما هما الا نتيجة لتوالى تكون مناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى .

وفيما يلى دراسة لكل منها على حدة :

الكتـــل الهـــوائية :

الكتلة الهوائية هى جرم ضخم من هواء تغطى سطح منطقة واسعة من مسطح مائى أو يابس ، ويتميز هواؤها بالتجانس فى خصائصه المناخية ، وذلك فى مستويات أو قطاعات الكتلة الأفقية ، خاصـة فى درجة الحرارة ومعدل تناقصها بالارتفاع والرطوبة وكمية السحب ونوعها ومدى الرؤية . ويكون التجانس أكثر وضوحا فى الطبقات العليا من الكتلة الهوائية لأنهـا تستمد خصائصها من طبيعة السطح الذى تتكون عليه ، ولذلك فان طبقاتها السفلى تتاثر بالاختلافات المحلية على السطح .

ولكى تنشأ الكتلة الهوائية وتصبح متجانسة لابد أن يستقر الهواء فوق مساحة واسعة من سطح متجانس مدة طويلة تكفى لأن يكتسب الخصائص والميزات المناخية لذلك السطح ، وينفى أن تخلو تلك المدة من حدوث أية

تقلبات جوية . ولهذا فان المناطق الجبلية والأراضى المضرسة الوعرة والأحواض الصغيرة والأقاليم الساحلية لا تصلح لتكوين الكتل الهوائية . بينما يناسب تكوينها المناطق القطبية الواسعة ، حيث يظل الهواء ساكنا مستقرا عدة أسابيع .كما تنشأ الكتل الهوائية فوق المسطحات المائية الواسعة، والسهول المنبسطة الفسيحة مثل سهول سيبيريا وكندا فى الشتاء ، ومناطق الضغط المرتفع المدارية أو مناطق تفرق الرياح السطحية التى تتميز بهواء هابط ورياح معتدلة القوة . أما مناطق التقاء الرياح فلا تصلح لتكوين كتل هوائية متجانسة ، وذلك لانه تتجمع فيها أهوية ذات خصائص متباينة ، ويصاحبها تيارات هوائية صاعدة .

وبناء على ما سبق يمكننا تمييز ثلاثة أنماط من الاقاليم تبعا لتأثرها بالكتل الهوائية هى :

١ ـ نمط من الأقاليم يتأثر بنوع واحد من الكتل الهوائية هى الكتل الهوائية القطبية القارية ، وتتمثل فى سيبيريا والقسم الشمالى من أمريكا الشمالية ، والاقليمان أهم موطنين لنشأة هذا النمط من الكتل الهوائية الباردة الجافة .

٢ ـ نمط من الأقاليم يتأثر بنوعين من الكتل الهوائية يسود أحدهما صيفا ، ويشيع الثانى شتاء . وخير مثال لهذا النمط جنوب شرقى آسيا وجنوبيها ، ففى الصيف تسودها كتل هوائية بحرية حارة ، وفى الشتاء يتعرضان لكتل هوائية قارية باردة .

٣ ـ نمط من الأقاليم يمثله اقليم غرب أوربا يتعرض لأنواع متعددة من الكتل الهوائية المتباينة الخصائص طوال العام ، مما يجعل أحوال الطقس فيه مضطربة شديدة التغير .

تغير خصائص الكتل الهوائية :

تبقى خصائص الكتل الهوائية دون تغيير مادامت مستقرة فى مواطن نشأتها ، وهذا لا يدوم طويلا ، اذ سرعان ما يحدث تغير فى توزيع الضغط الجوى فى الأقاليم المحيطة ، فتبدأ فى التحرك من مواضعها وتنتقل كلها أو أجزاء منها الى مسافات كبيرة تصل الى آلاف الكيلومترات فى كثير من الأحايين ، وهى تنقل معها عبر تلك المناطق ، التى تمر عليها جميع خصائصها المناخية ، فتتأثر بها . مثال ذلك غرب أوربا الذى تنخفض به درجة الحرارة أحيانا الى ما دون درجة التجمد عندما يتعرض لكتل هوائية

قطبية باردة ترد اليه من سيبيريا ، وترتفع درجة حرارته عندما تصل اليه من الجنوب كتل هوائية مدارية دافئة .

وحين تنتقل الكتل الهوائية من مصادرها الأصلية فانها تتأثر بالخصائص المناخية للمناطق التى تمر عليها خصوصا فى طبقاتها السفلى ، ويزداد هذا التأثر كلما كان الاختلاف كبيرا بين خصائص كل منهما . ويتوقف مدى التأثر بصفة عامة على عدة عوامل منها حجم الكتلة الهوائية فاذا كـان ضخما ، كان التغير بطيئا . وتفقد الكتل الهوائية الواقعة ضمن مناطق تجمع الرياح مميزاتها الرئيسية بسرعة .

وتنشأ التغيرات بفعل تبـادل الحرارة والرطوبة بـين الكتل الهوائية والمناطق التى تمر بها ،فحينما تمر على سطح أدفأ منها فان أجزاءها السفلى تكتسب بعضا من حرارته وتصبح غير مستقرة ، واذا مرت على سطح أبرد منها فقدت قسما من حرارتها . واذا مرت كتلة جافة على سطح مائى دافىء فـان رطوبتها تزداد . ومن هـذا نرى أن التغـيرات الحـرارية الحركية (الثيرموديناميكية) التى تحدث فى الكتل الهوائية تنشأ نتيجة لمرورها على مناطق باردة أو حـارة ، وعن التبخر من المسطحات المائية الواسـعة وعن التكاثف والتساقط من الكتلة نفسها .

ويحدث التغير فى الكتل الهوائية ديناميكيا (حركيا) نتيجة للتغير فى الضغط الجوى وحركة الرياح . ويزداد التغير ويعظم حينما تكـون الكتلة واقعة ضمن مناطق تجمع للرياح ، ذلك أن ارتفاع الهواء الى أعلى يؤدى الى تغير فى درجات حرارته . أما اذا كانت الكتل واقعة ضمن مناطق تفرق رياح ، فان ذلك يساعد على استقرارها .

أنواع الكتل الهوائية :

تقسم الكتل الهوائية الى أنواع حسب المنـاطق (دوائر العرض) التى تنشأ بها ، وتبعا لطبيعة السطح الذى تتكون فوقه ، يابسا يكون أو مـاء ، ويرمز لكل منها برمزين ، يدل أحدهما على منطقة النشأة ، ويدل الثانى على طبيعة السطح . وفيما يلى أهم هذه الأنواع برموزها :

أولا : كتل هوائية قطبية Polar ، ويرمز لها بالحرف الأول من الكلمة (P) وهى الكتل التى تنشأ فى المناطق القطبية وفى العروض العليا المجاورة للقطبين فى الفصل الطويل البارد من السنة .

وهى نوعـــان :

١ ـ كتل هوائية قطبية قارية Continental ورمزها (cP) ، وهى تنشأ

كما يدل الاسم فوق يابس القارات . ولهذا فانها تكون شـديدة البرودة . ويرمز لهذه الصفة بالحرف (K) وهـو أول حروف الكلمة الألمـانية Kolt ومعناها بارد.ومن ثم يصبح رمز الكتل الهوائية القطبية القارية الباردة هو (cPK) . وهى كتل جافة بطبيعة الحـال . وأهم مناطق نشـاتها سهول سيبيريا وجزيرة جرينلندا وسهول كندا ، والمناطق المتجمدة حول القطبين.

٢ ـ كتل هوائية قطبية بحرية Maritine ورمزها (mP) وهى تنشا فوق المسطحات المحيطية فى العروض العليا أو قد تنشا على اليابس القطبى وما جاوره ثم تنتقل الى المحيطات المجاورة . وأكثرها تاثـيرا ما يتكون فوق شمال كل من المحيطين الأطلسى الشمالى والهادى الشمالى . فالكتل الهوائية القطبية فوق شمال الأطلسى تتكون فوق جرينلندا وسهول كندا ثم تتحرك الى شمال الاطلسى . وهواء هذه الكتل بارد (K) ، ومن ثم يرمز لها بجميع خصائصها بالرمز (mPK) وهى كتل رطبة تسبب سقوط الأمطار.

ثانيا : كتل هوائية مدارية Tropical ويرمز لها بالحرف الأول من الكلمة (T) وتتكون فى مناطق الضغط المرتفع المدارية والمعروفة بعروض الخيل ، وهى عموما حارة الى دافئة .

وهى نوعـــان :

١ ـ كتل هوائية مـدارية قارية (cT) وتتكـون فى فصل الشـتاء فوق صحارى شمال أفريقيا وشـبه جزيرة العرب ، وهى بـاردة نسبيا (cTK) أما فى الصيف فتكون حارة (cTW) ومتربة . وهى جافة فى جميع الاحوال .

٢ ـ كتل هوائية مدارية بحرية (mT) وتتكون فوق المحيطات فى مناطق الضغط المرتفع المدارى ، وهى دافئة بصفة عامة (mTW) ورطوبتها مرتفعة.

استقرار واضطراب الكتل الهوائية :

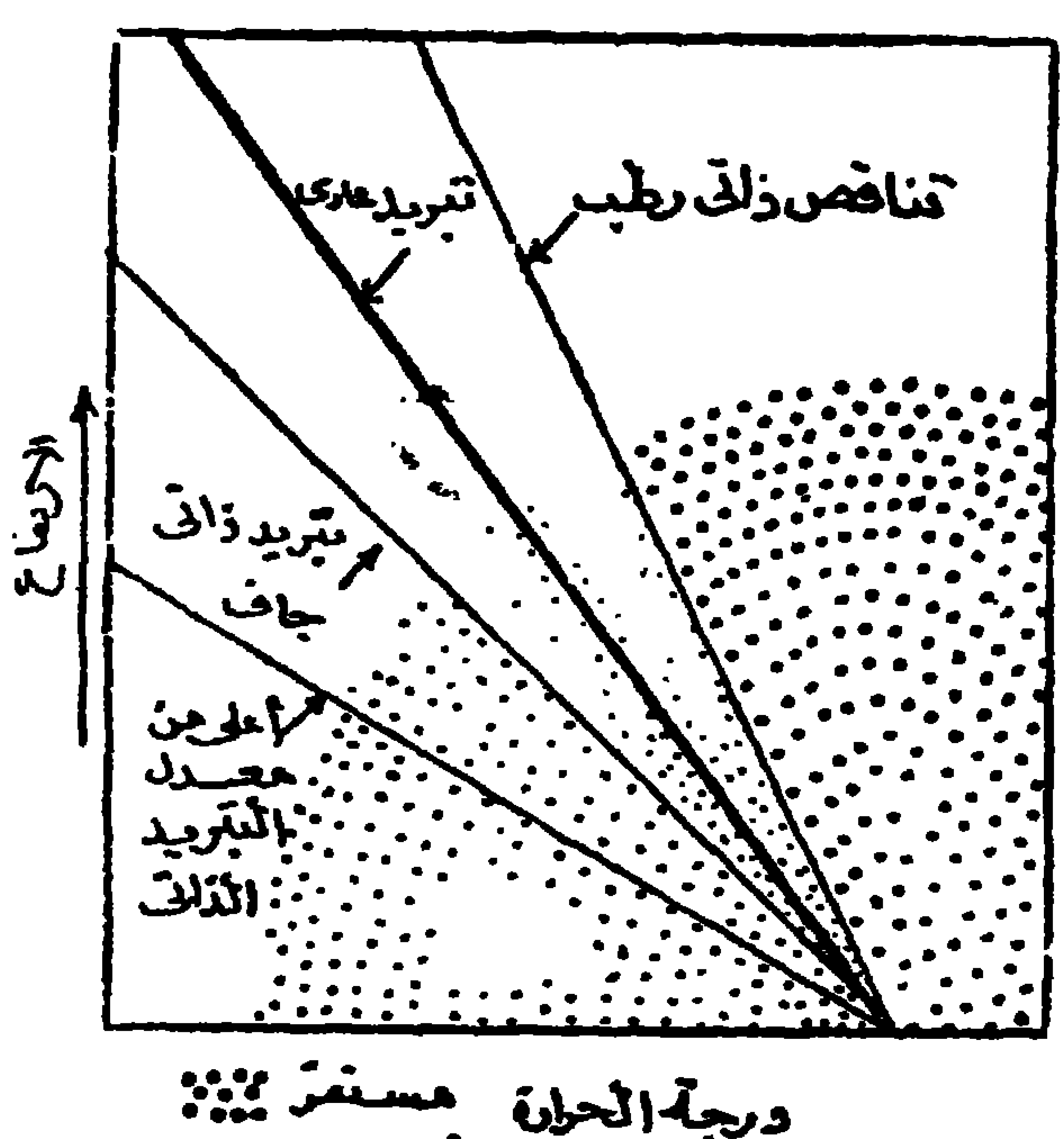
أشرنا فى الصفحات السـابقة الى تحرك وانتقال الكتل الهـوائية من مواطن نشاتها الى مناطق أخرى تبعا للتغـير فى توزيع الضغط الجـوى . ورأينا أن خصائصها تتغير خصوصا فى طبقاتها السفلى اذا ما تحركت الى اقاليم تختلف عنها فى مميزاتها المناخية اختلافا كبيرا .

ويمكن تمييز صنفين من الكتل الهوائية من حيث الاستقرار أو عدمه هما:

١ ـ كتل هوائية مستقرة Stable :

وهى الكتل الهوائية الدافئة التى تسـتقر أو تتحرك فـوق سطح تكون

حرارته أقل من حرارتها · وبالتالى تبرد طبقاتها السـفلى ، وتظل ثابتة مستقرة فوق السطح ، فلا يحدث أى اضطراب فى هوائها · وتوصف حينئذ بالاستقرار Stability ويرمز لها بالحرف (s) ، ويصاحبها تكون الضباب والسحب الطبقية ، وقد تسـقط الأمطار الخفيفة اذا مـا توفرت الرطوبة فى هوائها · ومن أمثلتها الكتل الهوائية المـدارية التى تتحرك فى اتجـاه القطبيـين ·



شكل رقم (٦٢) العلاقة بين معدل تناقص الحرارة بالارتفاع وعدم استقرار الهواء

٢ ـ كتل هوائية غير مستقرة :

وهى الكتل التى تتحرك أو تثبت فـوق سطح أدفأ منها · وتبعا لذلك تنشأ بها تيارات هوائية صاعـدة تؤدى الى احـداث اضطرابات تتباين فى شدتها حسب مدى الفروق الحرارية بين حرارة سطح الأرض وهواء الكتلة التى تستقر أو تتحرك فوقه · وتوصـف الكتلة عنـدئذ بانها غير مستقرة Unstable ويرمز لها بالحرف (U) ويصحبها طقس مضطرب ، فيه تتكون سحب ركامية ، وتنشأ عواصف ممطرة اذا ما كان هواء الكتلة محملا ببخار الماء · ومن أمثلتها الكتل الهوائية المدارية البحرية التى تنتقل الى اليابس صيفا ، والكتل القطبية القارية عندما تتحرك وتنتقل الى المحيطات شتاء ·

هذا وينبغى أن نشير الى أن مجموع الحروف يعطى المميزات العـامة والخصائص الأساسية للكتلة الهوائية . مثال ذلك اذا رمزنـا لكتلة هوائية بالحروف (cPsK) فمعنى ذلك أنها ذات أصل قارى (c) وآتية من الجهات القطبية أو العروض العليا (p) وأنها تتصف بالثبات (S) وأنها باردة (K) أى أن درجة حرارتها منخفضة عن حرارة السطح الذى تمر عليه ، فضلا عن أنها جافة .

وحينما نرمز لكتلة هوائية أخرى بالأحرف mTuW فيعنى هـذا أنها بحرية (m) وذات أصل مدارى (T) أى من العروض المدارية ، وغير ثابتة (U) وحارة أو دافئة (W) وممطرة .

اثر الكتل الهوائية فى طقس ومناخ مختلف الأقاليم :

تتوقف أحوال الطقس وظروف المناخ فى مختلف جهات العالم على نوع الكتل الهوائية التى تتعرض لها وتؤثر فيها . ويمكننا أن نصف تلك المناطق حسب نوع الكتل من جهة ، وموسمية التـأثر بها من جهة أخـرى ، على النحـو التـالى :

١ ـ مناطق تتأثر بنوع واحد من الكتل الهوائية طوال العام .

وتلك هى المناطق التى تنشأ بها الكتل الهوائية نفسها ، كما هى جال المناطق القطبية حيث تنشأ الكتل الهوائية القطبية ، والمناطق الواقعة تحت تأثير الضغط المرتفع المدارى الدائم ، حيث تتولد الكتل الهوائية المدارية ، والمناطق المحصورة بين المدارين التى تتعرض طـوال السنة لتـأثير الكتل الهوائية المدارية .

٢ ـ مناطق تتأثر فى فصل من السنة بنوع من الكتل الهـوائية يختلف عنه فى الفصل الاخر :

وفى هذه المناطق تتبدل الأحوال المناخية من فصل لآخر ، ولكنها تتميز بنظام ثابت خلال كل فصل على حدة . مثال ذلك الصين التى تتأثر بكتل هوائية قطبية قارية باردة (cPK) فى الشتاء تأتيها من سيبيريا . وفى فصل الصيف تصلها كتل هوائية بحرية مدارية دافئة (mTW)تتكون فوق المحيط الهادى . وتشبه الولايات المتحدة الصين فى ذلك . فهى تتعرض لتأثير كتل هوائية قطبية قارية باردة شتاء ، وتخضع لتأثير كتل هوائية مدارية بحرية دافئة تتكون فوق المحيطين الهادى والاطلسى صيفا .

٣ ـ مناطق تتأثر فى الفصل الواحد بكتل هوائية مختلفة :

تتعرض هذه المناطق لغزو أنواع مختلفة من كتل الهواء ، ولا يستمر

تاثير كل نوع منها سوى مدة قصيرة ، ويضمحل ليحل محله تاثير كتلة هوائية أخرى • وتبعا لذلك يتغير مناخ هذه المناطق من وقت لآخر • ويحسب اقليم غرب أوربا أفضل مثال لمناخ هذا النوع من المناطق • ففى فصل الشتاء تغزوه أحيانا كتل هوائية مدارية قارية دفيئة (cT) من شمال افريقيا ، أو مدارية بحرية دفيئة (mT) من المحيط الأطلسى وتجلب هذه الكتل منها موجات غير عادية من الدفء الى غرب أوروبا والجزر البريطانية • كما قد يتعرض غرب أوروبا فى فصل الشتاء أيضا لهبوب كتل هوائية قطبية باردة جافة (cPK) تأتيه من شمال سيبيريا وشمال أوروبا ، فيتكون الصقيع لعدة أيام أو أسابيع ، أو لوصول هواء قطبى بحرى رطب بارد (mP) •

وفى فصل الصيف يتعرض غرب أوروبا لكتل هوائية حارة تتكون فوق كتلة يابس أوراسيا الشديدة الحرارة ، وتكون عظيمة الجفاف أيضا • ويؤدى وصولها الى غرب أوربا الى شيوع جو حار يكون مصدر مضايقة للسكان • كما يتعرض الاقليم لغزوات كتل هوائية قطبية بحرية تلطف من ارتفاع الحرارة •

الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ مصر :

يتاثر مناخ مصر خصوصا القسم الشمالى منها حتى حوالى مصر الوسطى بكتل هوائية متباينة المصدر والخصائص ، نجمل وصفها فيما يلى :

فى فصلى الخريف والشتاء :

١ ـ كتل هوائية قطبية قارية شديدة البرودة ، مصدرها الأصلى القسم الشمالى من روسيا • وقد تكون من القدرة بحيث تصل الى شمال السودان ، وتتسبب فى اثارة عواصف ترابية هناك •

٢ ـ كتل هوائية قطبية بحرية مصدرها اما شمال الأطلسى أو شمال أوروبا الى وسطها وجنوبها ثم عبر البحر المتوسط حيث تدفأ وتتحمل ببخار الماء ، فتكون سببا فى تكوين العواصف الماطرة فوق شمال مصر •

فى فصل الربيع وأوائل الصيف :

١ ـ كتل هوائية حارة شديدة الجفاف (الخماسين) مصدرها الأصلى الكتل الهوائية المدارية التى تتكون فوق الصحراء الكبرى الافريقية وصحراء شبه جزيرة العرب •

٢ ـ كتل هوائية مدارية بحرية مصدرها المحيط الأطلسى ، وتصل الى

مصر فى اعقاب مرور المنخفضات الجوية الحمسيية ، وتكون باردة نسبيا ومصحوبة ببعض السحب المنخفضة ، وقد تتسبب فى اسقاط بعض المطر احيـــانا ٠

المرتفع الجوى والمنخفض الجوى والجبهة الهوائية :

المرتفع الجـــوى :

الى جانب نطاقات الضغط المرتفــع الدائمة والموسمية أو الفصــلية ، يحدث فى كثير من الأحيان أن يرتفع الضغط الجـوى فوق منطقة معلــومة ارتفاعا فجائيا أو سريعا ، ويدوم بضعة أيام أو أسابيع ٠ ويطلق على ارتفاع الضغط الجوى الذى نشأ بهذا الشكل اسم ضد اعصار Anti-Cyclone

احوال الطقس المصاحبة لضد الاعصار :

وأحوال الطقس التى تصاحب الارتفاع الجــوى غالبا معتدلة ، وتكون السماء صحوا ، الا من بعض الســحب المنخفضــة القليلة الكثــافة ، التى سرعان ما تتبدد ، فلا تسقط مطرا الا فيما ندر ٠ ويكون انحدار الضغط فى مناطق أضداد الاعاصير بطيئا فى الغالب ، لهذا تكون سرعة الريــاح التى تخرج منها وتدور حولها بطيئة هى الأخرى ٠ ولما كانت الرياح تخرج منها ، فان هذا يؤدى الى تكوين تيارات هوائية هابطة من أعلى الى منطقة ضد الاعصار لتحل محل الهواء الذى خرج منها ٠ ويساعد انضغاط الهواء الهابط أثناء حركته نحو سطح منطقة ضد الاعصار على رفع حرارته ، وبالتالى تنخفض نسبة رطوبته مما يجعل هــواء مناطق أضداد الأعاصير جــافا فى العــــادة ٠

هذا وينبغى ان نشير الى أن كثــيرا من المؤلفين يرون توســيع معنى مصطلح **«ضد اعصار»** ليطلق على أن منطقة أو نطــاق يتمركز فيه ضغط مرتفع حتى ولو كان هذا الضغط دائما مستمرا طول السنة أو خلال فصل من الفصــــول ٠

أسباب نشأة ضــد الاعصــار :

وتبعا لهذا وذاك يمكن تحديد أسباب نشأة أضداد الاعاصير **فيما يلى :**

١ ــ هبوط الهواء من أعلى الى اسفل ، وذلك بسبب تحرك الهواء السفلى الى الجهات المحيطة بضد الاعصار

٢ ــ انخفاض حرارة الهواء فى منطقة معومة انخفاضا شديدا ،فترتفع

كثافته وضغطه بسبب انكماشه • مثال ذلك أضداد الأعاصير التى تنشأ فوق اليابس شتاء ، وفوق المسطحات المحيطية (بالنسبة لليابس المجاور) صيفا•

٣ ـ أضداد الأعاصير التى تنشأ فيما بين المنخفضات الجوية المتتابعة•

٤ ـ انخفاض حرارة الهواء بسبب ملامسته للغطاءات الجليدية•وهنا قد تكون أضداد الاعاصير دائمة مستمرة طوال السنة أو تكون فصلية •

هذا ويظهر فى النصف الشمالى من الكرة الارضية ثلاثة مراكز رئيسية لأضداد الاعاصير أو المرتفعات الجوية هى :

١ ـ جزر الآزور فى شمال غرب افريقيا •

٢ ـ أراضى القسم الأوسط من سيبيريا •

٣ ـ القسم الشرقى من المحيط الهادى •

وتتحكم هذه المراكز الثلاثة فى الحركة اليومية لأضداد الأعاصير فى نصف الكرة الشمالى • ويبلغ متوسط عمر ضد الاعصار ستة أيام فى مقابل خمسة أيام للاعصار ، لكنها أقل حدوثا من الأعاصير ، فتبلغ نسبتها الى الاعاصير ٢ الى ٣ •

انحدار الضغط فى منطقة ضد الاعصار :

يرتفع الضغط الجوى فى مراكز المرتفعات الجوية فيبلغ نحو ١٠٣٥ مللليبارا ، وقد يرتفع عن ذلك فيصل الى ١٠٤٠ ملليبارا • وهو ينخفض تدريجيا من المركز نحو الخارج • ولا يشترط أن يكون هذا التدرج منتظما ، فلقد نرى خطوط الضغط المتساوى ممتدة على خرائط الطقس فى شكل اقواس غير منتظمة • وتدور الرياح حول مركز الارتفاع الجوى بحيث يكون الضغط المرتفع على يمينها فى نصف الكرة الشمالى ، والى يسارها فى نصف الكرة الجنوبى • ولذلك فان دوران الرياح يكون مع اتجاه دوران عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، وضد دوران عقارب الساعة فى نصفها الجنوبى•وانحدار الضغط فى مناطق أضداد الأعاصير يكون بطيئا فى العادة، ولهذا فان سرعة الرياح التى تدور حولها بطيئة هى الأخرى •

ولا تتميز خطوط سير أضداد الأعاصير بالثبات ، فهى كالأعاصير مضطربة المسالك ، لكنها تتجه بصفة عامة من الغرب الى الشرق • ويرتبط اتجاه أضداد الأعاصير وسرعتها بالأعاصير اذا ما كانت واقعة بينها •

الجبهة الهوائية :

حينما تلتقى كتلتان هوائيتان احداهما باردة والأخرى دافئة ، فانهما

لا تختلطان ببعضهما ، وانما تحتفظ كل منهما بخصائصها ، وينشأ بينهما سطح قد اصطلح على تسميته **بالجبهة الهوائية Air Front** • **فالجبهة عبارة عن سطح يفصل بين نوعين مختلفين من الكتل الهوائية** ، ويتميز بالتدرج السريع فى درجة الحرارة وكثافة الهواء ورطوبته النسبية • ويمتد هذا السطح الجوى من سطح الأرض الى أعلى ليفصل بين الكتلتين الهوائيتين ونتيجة لحركة دوران الأرض حول نفسها فان سطح الجبهة الهوائية يكون مائلا ، وتزداد درجة ميله بالابتعاد عن خط الاستواء • ويتراوح معدل اتساع الجبهة على سطح الأرض بين ١٠٠ ـ ٢٠٠ كم •

وقد تبين أن هنالك علاقة وثيقة بين نشأة الجبهات الهوائية وموقع التيار النفاث • اذ وجد أن أكثر الجبهات الهوائية شدة تقع ممتدة أسفل امتداد التيار النفاث ، خصوصا فى النطاقات التى يشتد فيها ساعد التيار وتتضاعف حركاته الاعصارية •

مناطق تكون الجبهات :

يكثر تكون الجبهات الهوائية فى المناطق المعتدلة حيث يكثر التقاء كتل هوائية ذات خصائص متباينة • فهنا تلتقى الكتل الهوائية القطبية بالكتل الهوائية المدارية مكونة ما يعرف بالجبهة القطبية **Polar Front** وهذه الجبهة هى موطن تكون المنخفضات الجوية أو الأعاصير التى تؤثر فى طقس ومناخ المناطق المعتدلة •

وأهم أجزاء الجبهة القطبية تتمثل فيما يسمى **جبهة المحيط الأطلسى الشمالى ، وجبهة المحيط الهادى الشمالى** وعلى امتدادها يعظم الفرق بين خصائص الكتل الهوائية المتقابلة : الكتل الهوائية القطبية والكتل الهوائية المدارية • وينبغى أن نشير الى أن مواقع الجبهات القطبية تتزحزح شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية التى تنتقل معها مناطق الضغط الجوى ومجالات هبوب الرياح •فالجبهة القطبية تمتد فى فصل الشتاء حتى سواحل البحر المتوسط ، بينما تتراجع فى الصيف نحو الشمال •

وبالاضافة الى الجبهتين القطبيتين الرئيسيتين فى شمال المحيطين الهادى والأطلسى ، **هناك نطاقان مهمان للجبهات هما :**

١ ـ **الجبهة القطبية الشمالية Arctic Front** وتتكون قرب الدائرة القطبية الشمالية نتيجة للتباين الحرارى بين المسطحات المائية الشمالية واليابس المجاور لها • ومن أهم أجزائها ما يسمى **الجبهة الكندية Canadian**

Front ، والجبهة الأطلسية فى شمال اوروبا ، والتى تنشا فيها الاعاصير أو المنخفضات الجوية التى تغزو شمالى أوروبا ٠

٢ ـ جبهة البحر المتوسط الهوائية ، وهى التى تفصل بين الكتل الهوائية الباردة فى شمالى أوروبا ، والكتل الدافئة فوق البحر المتوسط والأجزاء الشمالية من افريقيا ٠ وعلى امتدادها تتولد معظم المنخفضات الجوية التى تؤدى الى اضطراب الجو وسقوط الأمطار على بلدان حوض البحر المتوسط شتاء ٠

المنخفض الجــوى :

بالاضافة الى مناطق الضغط المنخفض العامة،سواء منها الدائم المستمر طوال السنة ، أو الذى يبقى خلال فصل واحد،هناك مناطق اخرى ينخفض فوقها الضغط الجوى انخفاضا فجائيا أو سريعا يترتب عليه اضطراب جوى يتسبب فى اختلاف النظام العام للرياح فى تلك المناطق ٠ ويعبر عن انخفاض الضغط الجوى بهذا الشكل باسم «الاعصار **Cyclone** » أو **المنخفض الجوى** **Depression** ٠

ورغم هذا التحديد الضيق للاعصار ، فان كثيرا من المؤلفين يطلقون عبارة **منطقة اعصارية** **Cyclonic Area** على أى منطقة يرابض فوقها ضغط منخفض سواء كان دائما أو موسميا ، وسواء كان سبب النشأة ارتفاع حرارة الهواء بسبب ملامسته لسطح الأرض الساخن وتمدده وحدوث تيارات هوائية صاعدة ، أم كان السبب تقابل كتل هوائية ذات خصائص مناخية متباينة ٠

كيفية نشأة المنخفض الجوى :

السبب الرئيسى فى نشأة الاعصار أو المنخفض الجوى هو تقابل كتل هوائية غير متجانسة ٠ وكما قدمنا ، لا تبقى الكتل الهوائية فى مناطق نشأتها الا لفترة وجيزة ، ثم تتحرك بعد ذلك لمسافات طويلة ، وتلتقى غالبا فوق أسطح المحيطات على طول جبهات تمتد تقريبا فوق نطاقات الضغط المنخفض التى تجذب اليها تلك الكتل الهوائية ٠

أشكال التقاء الكتل الهوائية وتكوين المنخفضات الجوية :

الشكل الاول يحدث على نطاق واسع كما هى الحال فى نطاق التقاء الرياح الغربية الدافئة بالرياح القطبية الباردة حوالى الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية ٠ فالهواء القطبى البارد يحاول التحرك أسفل الهواء الدافىء،نظرا لارتفاع كثافة الأول ، وقلة كثافة الثانى وميله الى الانتشار٠

ويواصل الهواء البارد تداخله فى شكل أمـواج أسفل الهواء الـدافىء الذى ما يلبث أن ينتشر ويصعد الى أعلى باستمرار ، وتبعا لذلك ينخفض الضغط فى نطـاق تلاقيهما .

الشكل الثانى يحدث على نطاق ضيق عندما يتكون المنخفض الجوى أو الاعصار فى العروض المعتدلة أو المدارية . وهـذا الشكل هو موضوع هـذه الدراســـة .

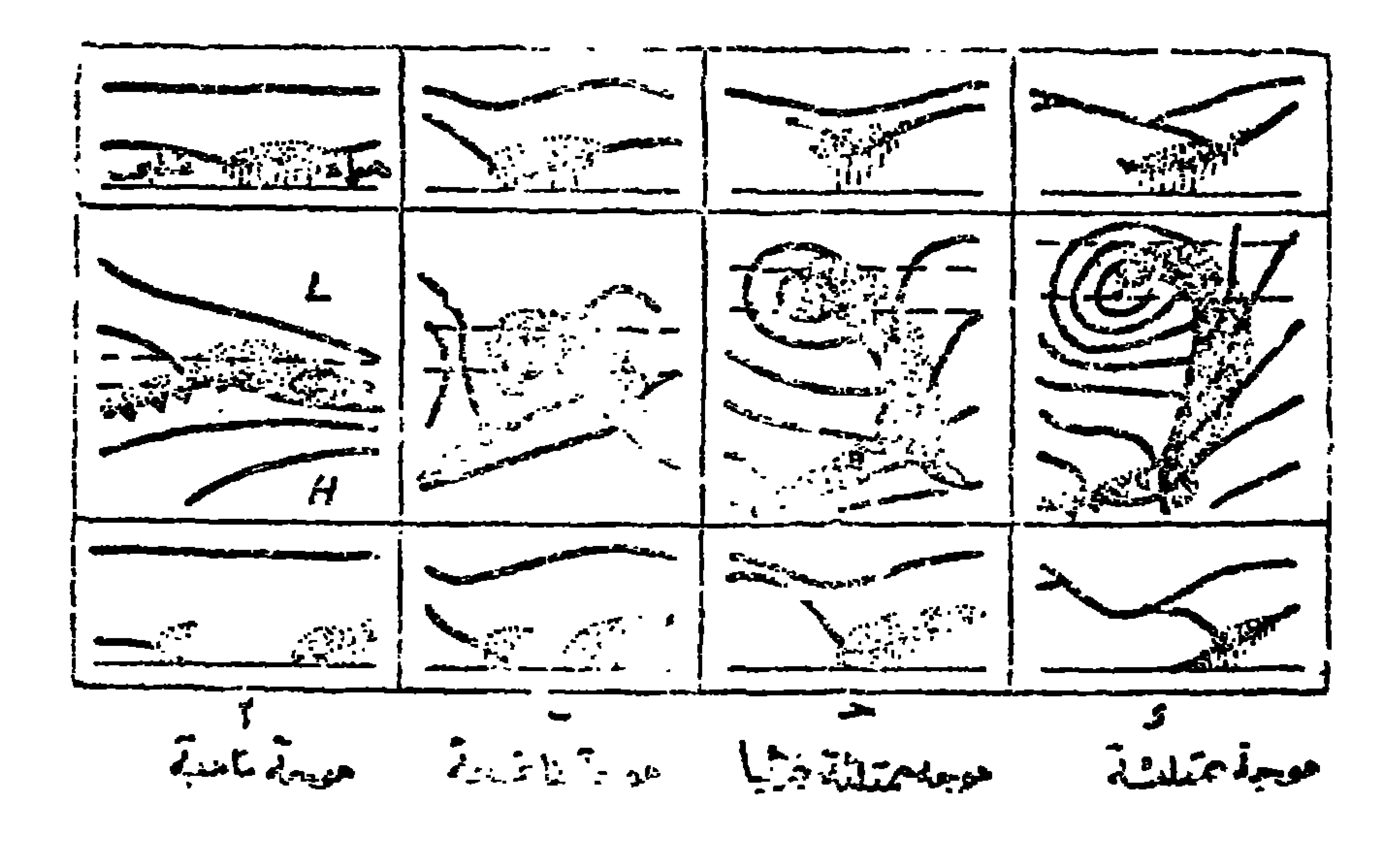
وتنشأ المنخفضات الجوية أساسا نتيجة لالتقاء كتل هوائية ذات خصائص مناخية متباينة . فحينما يلتقى الهـواء البارد هواء دافئا ، فـانه يندفع أسفله ، ويصعد الهواء الدافىء الى أعلى ، لأنه أقل كثـافة وبالتالى أخف من الهواء البارد ، ويسمى السطح الفاصل بين الكتلتين باسم سطح الجبهة Frontal Surface أو سطح الانفصال الجبهوى Surface of Separation .وحين يصعد الهواء الدافىء الى أعلى يبرد ، فيتكاثف ما به من بخـار ماء مكونا لسحاب ما يلبث أن ينهمر مطرا .

ونظرا لأن الأرض غير ثابتة ، وانما تدور حول نفسها باستمرار ، فان سطح الانفصال لا يكون أفقيا بل مائلا على المستوى بدرجة تتزايد كلما بعدنا عن دائرة الاستواء . ويمكن القول بصـفة عامة أن سطح الانفصـال يرتفع بمعدل وحدة واحدة لكل مسافة مقـدرها ١٠٠ وحدة أفقية . ولهـذا فان الهواء الدافىء لا يطفو فوق الهواء البارد أفقيا ، وانما يصعد الهواء الدافىء فوق الهواء البارد بشكل مائل . ومن الواضح أن هواء الكتل الباردة يظل لصيقا بسطح الأرض بسبب ثقله ، أما هواء الكتل الحارة فانه يجرى فوق سطح الانفصال الجبهوى فى شكل موجات متتابعة ، كل موجة منها تمثل نواة لتكوين وتشكيل انخفاض جوى .

وحينما تتوالى الموجات الدافئة وتلتقى فوق سطح الانفصال مكـونة لانخفاض جوى فانه يجذب الهواء البارد الذى يندفع اليه محاولا الوصول الى مركزه فى حركة اتجاهها ضد اتجاه حركة عقارب الساعة ، ولهذا فانها تندفع نحو مؤخرة الموجات الدافئة ، أى نحو مؤخرة الانخفاض ، وتسمى مقدمة الهواء البارد التى تغزو مؤخرة الانخفاض بهذه الصورة باسم الجبهة الباردة Cold Front ، كما تسمى مقدمة المـوجة الدافئة ، وهى مقـدمة المنخفض باسم الجبهة الدافئة Warm Front أما كتلة المـوجة الدافئة نفسها التى تكون المنخفض ، فتسمى القطاع الدافىء Warm Sector .

ونظرا لأن المنخفضات الجوية فى العروض المعتدلة تقع فى نطاق هبوب

الرياح الغربية ، فانها تتحرك من الغرب تجاه الشرق ، وان كانت مساراتها تنحرف أحيانا نحو الشمال الشرقي بسبب نشاط الدورة الهوائية العامة وقوة الحركة الموجية للرياح العليا (الجيت ستروفية) . وتكون سرعة الهواء البارد في مؤخرة المنخفضات اكبر من سرعة الهواء الدافىء في مقدمتها . ذلك لان الهواء الدافىء يفقد جزء من سرعة الحركة أفقيا لمحاولته الارتفاع فوق الهواء البارد رأسيا . ولهذا يأخذ القطاع الدافىء من المنخفض الجوى في الضيق بالتدريج ، الى أن يلتقى الهواء البارد في مقدمة المنخفض بالهواء البارد في مؤخرته . وبذلك يقطع الصلة بين الجزء المتقدم من الموجة الدافئة عن الكتلة الدافئة أو القطاع الدافىء . وانفصال الجزء المتقدم يعتبر المرحلة النهائية لتكون المنخفض الجوى. وهى **المرحلة المعروفة باسم مرحلة الامتلاء Occlusion** وفيها يسيطر الهواء البارد على المنخفض ، ويواصل غزوه للهواء الدافىء المحصور وتسربه أسفله حتى يتمكن من طرده الى طبقات الجو العليا ، فيبرد ، وبالتالى ينتهى المنخفض .



شكل رقم (٦٣) مراحل تطور منخفض جوى

- تمثل الرسوم الوسطى خرائط السطح .
- تمثل الرسوم العليا والسفلى قطاعات رأسية فى الجنب على طول الخطوط المتقطعة فى الرسوم الوسطى

أنواع امتلاء المنخفضات الجوية

يلاحظ أن هناك نوعين من الامتلاء هما :

١ ـ الامتلاء البارد Cold Occlusion :

ويتم حينما يكون الهواء البارد فى مقدمة المنخفض أقل برودة من الهواء البارد فى مؤخرته ، فبدل أن يصعد فوقه عند التقائهما ، فانه يندفع تحته .

٢ ـ الامتلاء الدافىء Warm Occlusion :

ويحدث حينما يكون الهواء البارد فى مقدمة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد فى المؤخرة . فعند التقائهما يصعد الهواء الاقل برودة فوق الهواء الأكثر برودة ، مثلما يحدث عندما يصعد هواء موجة دافئة فوق هواء موجة باردة .

الظواهر الجوية التى تصاحب المنخفضات الجوية :

يصاحب نشأة المنخفضات الجوية ونموها ظواهر جوية ، تنتقل معها من الغرب الى الشرق فى نفس اتجاه تحرك المنخفضات الجوية . وبناء على سلوك المنخفض الجوى ، يتمكن خبير الرصد الجوى من التنبؤ بأحوال الطقس والتغيرات المتوقعة لأحوال الجو . لكن كثيرا ما تخيب توقعات الراصد الجوى لأسباب تتعلق بالمنخفض الجوى ذاته ، ليس للراصد بها حيلة . فقد يغير المنخفض الجوى مساره ، فينحرف الى الجنوب الشرقى أو الشمال الشرقى بدلا من اتجاهه مباشرة نحو الشرق ،أو قد يمتلىء ويضمحل قبل وصوله الى منطقة محطة الرصد ، أو قد يقوى ساعده ويشتد بورود هواء بارد وهواء دافىء جديد . ومن الممكن أن يغير المنخفض سرعته ، فيسرع اذ تدفعه رياح غربية قوية ، أو قد يرابض فوق منطقة بضعة أيام ، فلا يصل الى منطقة الرصد فى الموعد الذى يتوقعه الراصد . ولهذا كله فان التنبؤات الجوية كثيرا ما تخطىء لهذه الأسباب التى تخرج عن ارادة الراصد .

ويتألف المنخفض الجوى كما سبق ورأينا من خمسة أجزاء هى :

١ ـ هواء بارد فى المقدمة .
٢ ـ جبهة دافئة .
٣ ـ قطاع دافىء .
٤ ـ جبهة باردة .
٥ ـ هواء باردة فى المؤخرة .

فاذا لم يطرأ تغير غير منتظر على المنخفض الجوى ، فان التقلبات

الجوية فى المناطق التى تقع على امتداد مسلكه ، تتتابع بنظام معلوم يمكن سردها فى النقاط التالية :

١ ـ عندما يمر قسم الهواء البارد فى مقدمة المنخفض ، يسود الجو حالة استقرار ، نظرا لتجانس الهواء فى برودته وعدم وجود هواء صاعد ٠

٢ ـ وقبل أن تصل الجبهة الدافئة كجزء من أجزاء المنخفض ، يسجل الباروجراف انخفاضا فى الضغط ، ويسجل الترمومتر ارتفاعا فى حرارة الجو ، وتزداد الحرارة ارتفاعا بوصول الجبهة الدافئة ، ويتغير اتجاه الرياح ، فتهب من الجنوب الشرقى والجنوب حاملة معها هواء مداريا حارا أو دافئا ، جافا اذا كان آتيا من كتلة قارية ، رطبا اذا كان صادرا من مسطح بحرى ٠

ثم تظهر فى الغرب سحب مرتفعة من نوع السمحاق Cirrus ، رقيقة جدا لونها أبيض ناصع ، تشبه أهداب الريش ، أو القطن المندوف ، وهى تتألف من جزيئات صغيرة من الثلج ٠ ويزداد سمك هذا السحاب كلما اقترب المنخفض من محطة الرصد كما يأخذ مستواه فى الهبوط ، ويتحول الى نوع من السحب كثيف يعرف باسم السمحاق الطبقى Cirro-Stratus ، وهو رقيق نوعا وتظهر الشمس من خلفه نهارا والقمر ليلا ، ولكنه يكون حول كل من الشمس والقمر هالة من الضوء سببها انعكاس الأشعة على جزيئات الثلج ٠ ويزداد سمك السحب ويهبط مستواها وتتحول الى نوع من السحاب الطبقى المتوسط الارتفاع المعروف باسم Alto-Stratus ٠ وتواصل السحب التراكم وتستمر كثافتها فى الازدياد ،ويزداد قربها من سطح الأرض ، بحيث تحجب ضوء الشمس،وحينئذ تتحول الى نوع يسمى المزن الطبقى Nimbo-Stratus وحين يظهر المزن الركامى يبدأ سقوط المطر خفيفا ، ثم لا يلبث أن يشتد عند مرور الجبهة الدافئة من المنخفض ، وتزداد السحب انخفاضا حتى لا يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠ متر ، وفى هذه المرحلة تتزايد احتمالات تكون الضباب نتيجة لتبخر الأمطار فى طبقة الهواء الواقعة أسفل السحب ٠

٣ ـ ويلى مرور الجبهة الدافئة مرور القطاع الدافىء Warm Sector الذى يسمى «عين الاعصار» أو مركزه أو قلبه ٠ وعند مروره يصبح الجو صحوا فى العادة ، وقد تسقط أمطار خفيفة فى شكل رذاذ بسبب ارتفاع الهواء الدافىء فى مركز الاعصار ، وتتحول الرياح من جنوبية أو جنوبية شرقية الى جنوبية غربية ، وترتفع درجة الحرارة ، ويتلاشى الضباب ،وتنقشع الغيوم ، ويتوقف سقوط المطر ٠ ويستمر الحال على هذا النحو يوما أو بعض يوم حسب سرعة تحرك المنخفض الجوى ، ثم تصل بعد ذلك الجبهة الباردة ٠

٤ ـ حينما تصل الجبهة الباردة تنخفض الحرارة سريعا ، وتظهر فى السماء سحب عالية ومتوسطة ، وما تلبث أن تحل محلها سحب ركامية ومزن ركامى سميك Comulo-Nimbus وتتحول الرياح فتصبح شمالية غربية ، ويزداد انخفاض الحرارة ، ويرتفع الضغط الجوى ، ونهطل رخات من المطر الغزير ، ويكون انهمار المطر مصحوبا فى كثير من الأحيان بعواصف رعدية ، وقد تهب رياح شديدة البرودة ، وتتواصل هذه الظواهر الجوية الشديدة مدة يوم أو أكثر حسب سرعة تحرك المنخفض وعلى الرغم من قسوة الظواهر الجوية التى تصاحب الجبهة الباردة فانها تكون محصورة فى مساحة صغيرة نسبيا ، على عكس الظواهر الجوية التى ترافق الجبهة الدافئة التى تنتشر فوق مساحة أكبر ، لكنها أقل شدة وقسوة .

٥ ـ يأخذ الجو فى التحسن بعد مرور الجبهة البـاردة ، لكنه يبقى باردا نسبيا ، وتهدأ الرياح ، وقد تظهر سحب الركام وتسقط بعض الأمطار نتيجة لورود جبهات ثانوية باردة ، ولكن الجو يتحسن بالتـدريج حتى يبتعد المنخفض نهائيا أو يمتلىء آثاره فيصبح الجو صحوا وترتفع الحرارة وتعود الظواهر الجوية الى ما كانت عليه قبل مرور المنخفضات .

الجبهات النشطة والجبهات الخاملة :

تتباين شدة المنخفضات الجوية بحسب اختلاف نشاط الجبهات الهوائية التى تصاحبها ، فبعض الجبهـات نشط تثير اضطرابا شديدا فى الجـو ، فتتغير سرعات الرياح واتجاهاتها بشدة ، وينهمر المطر مـدرارا ، وتكون الجبهات النشـطة Anafronts عندما تكـون تيارات الهـواء الصاعدة فى القطاع الدافىء أقوى من تلك التيارات الصاعدة فى الجبهة .

وتتكون الجبهات الخاملة Katafront حينما تكـون التيارات الهوائية الهابطة هى السائدة فى القطاع الدافىء من المنخفض .

توزيع المنخفضات الجوية وخصائصها ومسالكها :

التـــوزيع :

يتوزع ظهور المنخفضات الجوية فى نطاقين كبـيرين فيما بين دائرتى عرض ٣٥ ـ ٦٥ درجة شمالا وجنوبا ، وهى العروض المعتدلة التى يسود فيها هبوب الريـاح الغربية ، ويكثر فيها تقابل الكتل الهـوائية المدارية والقطبية ، وهى تكثر ويزداد نشاطها فى فصول عنها فى فصول أخرى تبعا لمواقع ظهورها ، فهى تكثر وتنشط فى فصلى الشتاء والربيع فى حوض البحر

المتوسط ، بينما تتعـدد ويشتد نشاطها فى غرب أوربا فى فصـلى الخريف والشـــتاء ٠

الحجـــم :

تختلف المنخفضات الجوية عن بعضها من حيث الحجم ٠ فبعضها يغطى الواحد منها مساحة يصل قطرها الى ٢٠٠٠ كم ، وبعضها الآخر صغير قد لا يزيد قطر المنطقة التى يغطيها على ٤٠٠ كم ٠ وسمك هـواء المنخفض الجوى صغيرا اذا قيس بقطر حجمه ، فهو لا يزيد على ٢٠ كم ، ذلك أن الضغط الجوى يصبح متجانسا عند ارتفاع عشرين كيلو مترا ٠

وينبغى أن نشير الى أن تأثيرات المنخفض الجوى تتسع وتتعدى المنطقة التى يغطيها الى مناطق بعيدة ، فكثيرا ما يتسبب فى جذب رياح قطبية باردة الى المناطق المدارية ، وتحريك رياح حارة من المناطق المدارية الى المناطق الباردة ٠ ويتوقف المدى الذى يصل اليه تأثير المنخفض الجوى على مقدار عمقه ودرجة انحداره ٠

العمق والانحـــدار :

بعض المنخفضات يكون شديد العمق ، أى يكون الفرق كبيرا بين مقدار الضغط فى قلب المنخفض ومحيطه ٠ وبعضها الآخر يكون ضحلا حينما يكون هذا الفرق صغيرا ٠

ويكون المنخفض شديد الانحدار اذا ما تقاربت خطوط الضغط ، فيكون معدل انخفاض الضغط نحو مركزه كبيرا ٠ أما اذا تباعدت خطوط الضغط على خرائط الطقس ، فان ذلك يعنى أن معدل انخفاض الضغط نحو مركز المنخفض يكون صغيرا ، وتبعا لذلك يصبح المنخفض ضعيف الانحدار ٠

وتتوقف قوة المنخفض وما يثيره من اضطراب جوى وسرعة الرياح التى تدور حول قلب المنخفض على مقدار عمقه ودرجة انحداره ، وعلى عوامل مثل سرعة دوران الأرض حول نفسها ، واختلاف هذه السرعة بالنسبة لدرجة العرض ، وكذلك مقدار كثافة هواء المنخفض فكلما كان المنخفض عميقا ، وكان انحدار الضغط الجوى نحو مركزه شديدا ، كلما كـان قويا عنيفا ٠ على أن تأثير شدة انحدار الضغط فى تقرير عنف المنخفض أهم من تأثير عمق المنخفض ٠ فحينما يشتد الانحدار تزداد سرعة الرياح المندفعة نحو قلبه ٠ فالمنخفض الجوى الذى يتدرج فيه الضغط الجوى نحو قلبه ستة ملليبارات مثلا فى مسافة خمسين كيلو مترا ، أعنف وأشد تأثيرا من منخفض آخر يتدرج

فيه الضغط سبعة ملليبارات في مسافة مئة كيلو متر . هذا على الرغم من أن الثاني أعمق من الأول لكن الأول اشد انحدارا من الثاني .

مســالكها :

تشير خرائط الطقس في الأقاليم المعتدلة أن المنخفضات الجوية أو الأعاصير تتخذ لها مسالك شبه بخطوط منحنية تصل بين مراكزها في مواقعها المتتابعة . وتتحرك أعاصير الجهات المعتدلة من الغرب نحو الشرق، لكنها تنحرف قليلا نحو القطبين أي نحو الشمال الشرقي في نصف الكرة



شكل رقم (٦٤) منخفض جوي مراغض فوق جزيرة قبرص

الشمالى ، ونحو الجنوب الشرقى فى النصف الجنوبى . كما وقد تبين أن مسارات الأعاصير تتحرك مع تحرك مناطق الضغط الجوى العامة نحو الشمال ونحو الجنوب تبعا لحركة الشمس الظاهرية .

السرعة :

سرعة تحرك المنخفض الجوى غير ثابتة وغير محددة.بل يحدث احيانا أن يرابض المنخفض الجوى فوق منطقة معلومة عدة أيام ، بسبب سيادة ظروف جوية معينة . وهذا ما يحدث كثيرا فى شتاء النصف الشمالى ، حين يتمركز منخفض جوى فوق جزيرة قبرص لمدة يومين أو ثلاثة ، فيضطرب الجو فى شمال مصر طوال تلك المدة .

وتتراوح سرعة تحرك المنخفض الجوى فى المتوسط بين ٢٠ ـ ٣٠ كيلو مترا فى الساعة ، وتقل السرعة بطبيعة الحال قرب التلاشى أو الامتلاء . ويمكن القول بصفة عامة أن سرعة تحرك المنخفضات الجوية فى الشتاء أكبر منها فى الخريف . وأن المنخفضات العميقة أسرع من الضحلة .

أعاصير الأقاليم المدارية :

يتميز مناخ الأقاليم المدارية بالانتظام والرتابة بالقياس الى مناخ الأقاليم المعتدلة الذى يوصف بالاضطراب والتقلب الشديد . والسبب فى انتظام مناخ المناطق المدارية هو أن تلك المناطق تتعرض كلها لكتل هوائية مدارية متجانسة لا تتصف باختلافات شديدة فى درجات الحرارة ، بينما تتعرض الأقاليم المعتدلة لالتقاء كتل هوائية قطبية ومدارية متطرفة الحرارة. ورغم هذا فان الأقاليم المدارية تعانى من تقلبات جوية تؤثر فى درجة الحرارة واتجاه الرياح وسرعتها وكمية الأمطار الساقطة . والاضطرابات الجوية فى الأقاليم المدارية تستمد طاقتها من تكاثف بخار الماء ، فهى ليست اضطرابات جبهات كما هى حال اضطرابات المناطق المعتدلة . وتسمى الأعاصير المدارية أحيانا **باسم العواصف المدارية أو الزوابع المدارية .**

موازنة بين الأعاصير المدارية وأعاصير الجهات المعتدلة :

وحينما نجرى موازنة بين الأعاصير المدارية والمنخفضات الجوية فى المناطق المعتدلة . نجد **الأولى** تظهر فى نطاق الرياح التجارية والرياح الموسمية **أما الثانية** فتوجد فى نطاق هبوب الرياح الغربية ، وبينما تتحرك الأعاصير المدارية من الشرق نحو الغرب بتأثير الرياح التجارية ، فان المنخفضات الجوية تتحرك من الغرب نحو الشرق بتأثير دفع الرياح الغربية. ويغلب حدوث **الأولى** فى مناطق معلومة فوق المحيطات بينما تحدث **الثانية**

فوق الماء وفوق اليابس على حد سواء وحجم الاعصار المدارى صغير بالنسبة لحجم المنخفض الجوى ، فقطر الأول يتراوح بين ١٠٠ ـ ٢٥٠ كم بينما يزيد قطر المنخفض الجوى على الفى كيلو متر ٠ وتتطور العواصف المدارية الى روابع قوية ترافقها ريح مدمرة وأمطار غزيرة ، فهى اشد قوة واعظم أثرا من المنخفضات الجوية ، ويترتب عليهـا كثير من الخسائر فى الأرواح والممتلكات ٠ والعواصف المدارية أكثر عمقا من أعاصير الجهات المعتدلة ، وانحدار الضغط فيها أشد والرياح من حولها أعنف واقوى ٠

وتتشابه الأعاصير المدارية ومنخفضات العروض المعتدلة فى اتجاه دوران الرياح حول مراكزهما ، فهو ضد عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، ومع اتجاهها فى نصف الكرة الجنـوبى ، كما تتشابه فى معظم الظـواهر الجوية التى تصاحبهما ، وان كانت ظواهر العواصف المدارية أعنف وأشد قسوة كما أسلفنا ٠

نشأة الأعـاصير المـدارية :

على الرغم من أن عمليات الرصد الدقيقة التى تمت حتى الآن للعديد من الأعاصير المدارية ، واستخدمت فيها المراكب الفضائية والرادارات قـد القت كثيرا من الضوء على تطور تلك الأعاصير ، فان ما نعرفه من معلومات حتى الآن مايزال غير كاف لتفسير نشأتها وتطورها ٠

وهناك عـدد من الآراء التى قيلت فى أسباب نشأة الاعصـار المدارى نلخصها فى الآتى :

١ ـ رأى يقول بان سبب نشأتها يرجع لتقابل **ثلاث كتل هوائية غير متجانسة الخصائص** ، ويحدث هذا حينما تتقابل كتل هوائية مدارية قارية بأخرى بحرية فى نطاق يقع على الجبهة الاستوائية ، وعندئذ يحدث اضطراب شديد فى هوية تلك الكتل وتـداخل بينها ، ويتكون تبعا لذلك الاعصـار المدارى الذى تشتد حركة الرياح حوله ٠

٢ ـ رأى آخر يقول بان الأعاصير المدارية تنشأ بفعل عمليات التسخين المحلية لهواء نطـاق الرهو الاستوائى الرطب على الاجزاء الغـربية من المحيطات ، حيث يساعد الهواء وسكونه على رفع درجة حرارة المستويات السفلى منه الملاصقة لسطح الأرض بسرعة ، ومن ثم تتمدد وترتفع الى أعلى فى هيئة تيارات هوائية صاعدة ٠

أضف الى ذلك أن التيارات المائية البحرية الاستوائية تجلب الى الأجزاء

لعربية من المحيطات كمسبت هائلة من المياه السطحية الدافئة بصفة مستمرة ، ويكون الهواء الذى يعلوه مشبعا ببخار الماء ، وهو مصدر الأمطار الغزيرة التى تصاحب الأعاصير المدارية

وقد أمكن تجميع عدد من الحقائق عن طريق الرصد واستخدام النماذج **التجريبية والرياضية ، نلخصها فى النقاط التالية ، فهى لاشك تعين على تفهم نشأة الاعاصير المدارية وتطورها :**

١ ــ **لا تظهر الأعاصير المدارية عند خط الاستواء نفسه** ، بل انها لا تنشأ فى النطاق الواقع بين دائرتى عرض ٥ درجة شمالا وجنوبا ، نظرا لانعدام تأثير قوة كوريولى ، وهى القوة الانحرافية المسئولة عن احداث الحركة الدورانية التى تتميز بها الأعاصير المدارية ، أى دوران الرياح بسرعة حول عين الاعصار فى شكل دوامة . ولهذا فان الأعاصير المدارية تنشأ فى الفصل الذى تتزحزح فيه منطقة الرهو الاستوائى الى أبعد مدى من دائرة الاستواء نحو الشمال أو جهة الجنوب ، ويكون ذلك فيما بين دائرتى عرض ١٠ ــ ٢٠ درجة شمالا أو جنوبا .

٢ ــ **يخلو المحيط الأطلسى الجنوبى من الأعاصير المدارية** ، لأن نطاق الرهو الاستوائى لا يتزحزح الى الجنوب من خط الاستواء على هذا المحيط فى أى فصل من فصول السنة ، نظرا لقلة مساحة اليابس بالنسبة لمساحة الماء فى هذا القسم الجنوبى من المحيط . وتبعا لذلك **يمكننا القول بوجود علاقة قوية بين مناطق نشأة العواصف المدارية وموقع نطاق الركود الاستوائى .**

٣ ــ **يكثر حدوث الأعاصير المدارية فى نصف الكرة الشمالى فيما بين شهرى اغسطس واكتوبر ، وفى النصف الجنوبى فيما بين شهرى يناير ومارس** . وتصل الى أقصى نشاط لها عندما تكون الرياح الغربية فى المناطق المعتدلة منكمشة شمالا (فى النصف الشمالى) أو جنوبا (فى النصف الجنوبى) وحينئذ تتوغل فى سيرها غربا ثم تنحرف شمالا أو جنوبا ، وتدخل فى نطاق هبوب الرياح الغربية ، فتتحول الى منخفضات جوية عادية تتحرك من الغرب نحو الشرق .

٤ ــ تستمد الزوابع المدارية قدرتها الضخمة وعنفوانها من تكاثف بخار الماء ، ولهذا فلابد من وجود مسطحات مائية حارة تزيد درجة حرارة مياهها السطحية على ٢٧ درجة مئوية . وقد تبين أن درجة حرارة مركز الاعصار أعلى من درجة حرارة هوامشه ، وأن سرعة الرياح تزداد بازدياد انحدار الضغط ودرجة حرارة المياه السطحية . ويبدأ الاعصار المدارى فى الضعف ثم التلاشى اذا دخل اليابس نظرا لأنه حينئذ يبتعد عن مورد تزويده

ببخار الماء ، أو حينما ينتقل الى مسطحات مائية باردة تفتقر الى الحرارة التى ينبغى أن يتزود بها ٠

٥ ـ لوحظ أنه حينما يتكون الاعصار المدارى وينمو ، ينشا مرتفع جوى قوى فى المستوى العلوى من التروبوسفير ، وهذا من شأنه تكوين ضغط جوى منخفض على السطح ٠

٦ ـ حين ينشأ الاعصار المدارى وينمو ، تتكون فى مركزه منطقة مستديرة الشكل يتراوح قطرها بين ٢٠ ـ ٣٠ كيلو مترا ، هى التى تسمى «عين الاعصار» ، وفيها تكون الرياح هادئة والسماء صافية ، والأمطار قليلة ، كما تتصف بالتيارات الهوائية الهابطة ٠

ويدور الهواء حول عين الاعصار ضد عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، ومعها فى النصف الجنوبى ، وذلك بسرعة قد تصل الى ٣٧٠ كيلو مترا فى الساعة ٠

وأكثر مناطق الاعصار اضطرابا هى التى تحيط بعين الاعصار ،وتعرف باسم «جدار الاعصار» Eye Well ،وفيها تعيف الرياح وتبلغ أقصى سرعتها ، وتغيم السماء وتسقط الأمطار الغزيرة ، ويسودها صعود الهواء ٠

توزيع الأعاصير المدارية ومسالكها :

ذكرنا أن الأعاصير المدارية تتخذ لها مسارات شرقية غربية ، لكنها تنحرف شمالا فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبا فى نصفها الجنوبى ٠ وتدور الأعاصير المدارية فى سيرها حول الهوامش الغربية لمناطق الضغط المرتفع فوق شرقى المحيطات،حيث تلتقى تلك المناطق مع مناطق الضغط المنخفض التى تنشأ فوق اليابس صيفا ، وذلك فى نطاق الركود الاستوائى فيما بين ١٠ ـ ٢٠ درجة شمالا وجنوبا ٠

وأهم مناطق توزيعها ما يلى :

١ ـ منطقة البحر الكاريبى (جزر الهند الغربية وخليج المكسيك وسواحل فلوريدا) ، حيث تعرف هناك باسم هاريكين Hurricane ويصيبها نحو ستة أعاصير فى السنة فيما بين شهرى يونية ونوفمبر ، معظمها فى شهرى سبتمبر واكتوبر ٠

٢ ـ منطقة البحر العربى ويصيبها اعصاران ، ومنطقة المحيط الهندى شرقى جزر مدغشقر ويصيبها نحو ستة أعاصير سنويا ، وتعرف الأعاصير فى هذه المناطق باسم الأعاصير Cyclones ٠

٣ ـ خليج بنغال ، ويصيبه نحو عشرة أعاصير سنويا فيما بين شهرى يونية ونوفمبر .

٤ ـ **بحر الصين وسواحل اليابان** حيث تعرف باسم تيفون **Typhone** وجزر **الفيلبين** حيث يعرف باسم باجويوس **Bagnios** ، ويصيب تلك المناطق نحو ٢٢ اعصارا كل سنة ، معظمها يحدث فيما بين يوليو وأكتوبر ، وان كانت هذه المناطق تتعرض لحدوث الأعاصير فى جميع شهور السنة ، أكثرها سبتمبر بمعدل ١٩ اعصارا ، واقلها فبراير ومارس بمعدل اعصارين لكل منهما .

٥ ـ منطقة جنوب المحيط الهادى شرقى استراليا وجزر ساموا **Samoa** وتعرف هنا باسم **ويلى ويليز Willy-Willies** ويصيبها اعصاران سنويا فى المتـــوسط .

حركة الأعاصير المدارية وآثارها :

كثيرا ما يطلق على الأعاصير المدارية اسم عام هو **(هـاريكين)** وذلك عندما تزيد سرعته على ١٤٠ كيلو مترا فى الساعة . ويدل على قرب وصول الاعصار انخفاض الضغط الجوى،وتغير سرعة الرياح واضطراب اتجاهاتها، واثارة أمواج عالية فى مياه المحيط ، وظهور سحب السمحاق،التى ما تلبث أن تتحول الى سحب السمحاق الطبقى المتوسط الارتفاع ثم سحب الركام .

وعندما يصل الاعصار الى منطقة الرصد يهبط الضغط الجوى بسرعة ، وتشتد سرعة الريــاح ، ويسقط المطر الغـزير . فاذا ما حل بالمكــان عين الاعصار يصحو الجو ، وتهـدأ الريح . وحينما يمر عين الاعصــار يرتفع الضغط وتهب الرياح بشدة وتسقط الامطار بغزارة . وحينما يمر الاعصار تعود ظروف الجو الى حالتها العادية .

ويصيب المناطق الساحلية الماهولة بالسكان كثير من الدمار والتخريب بسبب تعرضها لهبوب الأعاصير المدارية ، اذ ترافقها رياح تصل سرعتها الى ما يزيد على ٣٧٠ كيلو مترا فى الساعة ، ويسقط مطر غزير قد يبلغ مقداره خمسين سنتيمترا فى اليوم الواحد ، فيسبب فيضانات مدمرة وتثير الرياح القوية أمواجا عاتية تقتحم الخلجان والشواطىء ، وتغمر مساحات واسعة . ومن أمثلة الدمــار الذى يصيب الشــواطىء المأهولة ما لحق بجمهـورية بنجلاديش فى اكتوبر من عام ١٩٧٠ ، فقد ضربها اعصار عات مخرب أزهق أرواح نحو ثلث مليون نسمة ، ودمر عمائر ومنشآت فوق مساحة كبيرة ، وشرد مئات الألوف من البشر .

ورغم أن حجم الاعصار المدارى ليس كبيرا بالقياس الى المنخفض الجوى ، فقطره المثالى فى حدود ٦٥٠ كم ، فان الضغط الجوى فيه يكون منخفضا للغاية ، فقد يهبط أحيانا الى نحو ٩٥٠ ملليبار ، بل لقد ينخفض فى حالات شاذة الى ٩٢٠ ملليبارا ، وهو بذلك يكون شديد العمق ، كما أن انحدار الضغط فيه يكون شديدا أيضا للغاية ، حتى أن خطوط الضغط المتساوى المرسومة حول عينه تكون فى شكل دوائر ، وتكون متقاربة جدا ٠ هذا ويبلغ متوسط عمر الاعصار المدارى بين يومين وثلاثة أيام ، ولكنه ـ مثل المنخفض الجوى ـ قد يرابض فوق منطقة يوما أو يومين أو أكثر مما يتسبب فى مضاعفة تأثيراته التخريبية ٠

هذا وتبذل حكومات الدول التى تضربها الأعاصير المدارية جهودا كبيرة فى سبيل مراقبتها وتتبع مساراتها وانذار المناطق التى ستصيبها باقتراب وصولها ٠ كما أمكن اتخاذ بعض اجراءات من شأنها التأثير عليها واضعافها٠ فقد استخدمت الولايات المتحدة الامريكية الطائرات والسفن الفضائية فى تحديد مواقع الأعاصير فوق المحيط وتتبع مساراتهم لامكانية الانذار المبكر، وفى نشر مواضعها بمسحوق الثلج وبايوديد الفضة لكى يتكاثف ما بها من بخار الماء بسرعة فيفقد الاعصار مورد طاقته التدميرية وهو تكاثف بخار الماء قبل أن يصل الى الشواطىء الماهولة ٠

أعاصير التورنادو :

التورنادو Tornado كلمة أسبانية الأصل تطلق على العواصف المدارية التى تظهر فى غرب أفريقيا على ساحل غانة بالقرب من دائرة الاستواء ويترتب عليها تغير سريع فى حركة الرياح يضايق السفن٠وهذه يطلق عليها حاليا **التورنادو الافريقى** ٠ وقد انسحب الاسم الآن ليطلق على **الأعاصير المدارية التى تصيب الولايات المتحدة الأمريكية** خصوصا ولاياتها الجنوبية فى اطار حوض نهر المسيسبى ٠

نشــأتها :

يتكون أعصار التورنادو الأفريقى حينما تهب رياح الهرمتان الجافة من الصحراء الكبرى الأفريقية على ساحل غانة ، وتلتقى هناك بالرياح الموسمية الرطبة التى تهب من خليج غانة ٠

أما إعصار **التورنادو الامريكى** ، فيظهر فى المناطق المعتدلة داخل نطاق بعض المنخفضات الجوية ٠ وأفضل ظروف تكونه هى عندما يزحف هواء قطبى بارد فوق هواء مدارى دافىء رطب قادم من خليج المكسيك ٠ ويغلب

تكون التورنادو فى البحر ثم تتحرك الى اليابس ٠ وعلى الرغم من ان كيفية نشأته لم تعرف على وجه الدقة حتى الآن ، فانه من المعتقد أن المصدر الرئيسى للطاقة فى التورنادو هو الطاقة الكهربائية الزائدة التى تتراكم فى الاعصار بفعل شدة البرق ٠ هذا ولم يتم تطوير وسيلة فعالة حتى الآن للتنبؤ بالتورنادو وتحديد مساره ٠

خصائصها وآثارهـــا :

أعاصير التورنادو أعظم الأعاصير المدارية عنفا ، وأكثرها تدميرا ، فهى من القدرة بحيث تصيب المنطقة التى تمر بها بالدمار الكامل ، حتى لتبدو وكأنه قد ضربها زلزال عنيف ٠ وتعزى الطاقة التدميرية الهائلة التى يتميز بها التورنادو الى صغر حجمه من جهة ، والى شدة تدرج الضغط الجوى وعمقه من جهة أخرى ، أضف الى ذلك سرعة دوران الرياح الشديدة حول عين الاعصار ـ ذلك أن أغلب أعاصير التورنادو لايزيد عرضها عن كيلومترين ، ومساره لايزيد على ٢٠ كيلومترا ، لكن الضغط الجوى يتناقص فيه الى ٨٠٠ بل الى ٦٠٠ ملليبارا ، وتبلغ سرعة الرياح ٥٠٠ كم/ساعة ٠ وهذه أرقام تقديرية لأنه لم يتم حتى الآن التمكن من قياس شدة انحدار الضغط الجوى أو سرعة الرياح التى تدور حول مركز التورنادو ، لان آلات الرصد تتعرض للتدمير الكامل بسبب شدة الرياح ٠ ولقد أمكن الوصول الى تقديرات لانحدار وسرعة الرياح عن طريق دراسة وتحليل الآثار التى يتركها التورنادو فى المنشآت التى يدمرها ٠

من هذا نرى أن أعاصير التورنادو تشبه المنخفضات الجوية والأعاصير المدارية فى بعض الخصائص ، لكنها أقل من أى النوعين حجما ، وأكثر من أى منهما فتكا وتخريبا ، ومساراتها فى العادة عشوائية ومشوشة وهى لحسن الحظ قصيرة لا تزيد على ٢٠ كم ، وتسير بسرعة تتراوح بين ٥٠ ــ ٧٥ كم/ساعة ٠ وهى تشبه العواصف الرعدية فى مواعيد حدوثها ، بين الساعة الثانية والتاسعة مساء ، فقد وجد أن ٦٧٪ من أعاصير التورنادو التى ضربت الولايات المتحدة الامريكية قد حدثت بين الساعة الثانية والساعة الثامنة مساء ٠

وعند حدوث التورنادور تتكون بسماء المنطقة سحب المزن الركامى السميكة المنخفضة ، ويحدث أحيانا أن يتدلى منها مخروط نحو سطح البحر ، يقابل ارتفاع مياه البحر المضطربة فى شكل نافورة يصل ارتفاعها أحيانا الى نحو مائة متر وقطرها نحو عشرة أمتار ٠ ومثل هذه الأحوال تكون خطرا محدقا يهدد السفن بالاغراق فى معظم الاحيان ٠

وتظهر أعاصير التورنادو فى الصيف وأكثرها فى الربيع ، ويصيب الولايات المتحدة نحو ١٥٠ اعصارا كل سنة فى المتوسط . ويستمر الاعصار فترة قصيرة لا تزيد على بضع ساعات ، لكنه يكون عنيفا شديد التدمير ، فقد يغرق السفن فى المحيط ، كما يحدث فى منطقة مثلث برمودا ببحر سارجاسو بالمحيط الاطلسى جنوب شرق أمريكا الشمالية حيث يتكرر ظهور التورنادو ، كما يستطيع الاعصار تحطيم المنازل واقتلاع الأشجار ، ويسبب الكثير من الكوارث فوق اليابس المعمور .

عواصف الرعد والبرق :

ظاهرة الرعد والبرق ظاهرة مالوفة نعرفها فى جو الشتاء بمصر ، كما يعرفها طقس معظم أنحاء العالم باستثناء المناطق القطبية . وعواصف الرعد والبرق تقترن بحدوث التساقط فى سحب المزن الركامى ، ولذلك يكثر حدوثها فى مناطق التيارات الهوائية الصاعدة كالجهات الاستوائية ، بينما ينعدم حدوثها فى المناطق القطبية حيث التيارات الهوائية الهابطة .

وتمتاز سحب المزن الركامى بالسمك الكبير وكثرة الرطوبة وشدة اضطراب الجو . وقد تبين من دراسة تلك السحب أنها تتألف من مجموعة من خلايا الحمل Convectional Cells التى يشتد فيها الاضطراب ، ويكثر التكاثف وتكوين المطر وحبات البرد ، لانها تتغذى ببخار الماء عن طريق التيارات الهوائية الرطبة الصاعدة . ولاشك أن المورد الرئيسى للطاقة فى عواصف الرعد والبرق Thunderstorms هو نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وتكاثف بخار الماء الذى تحمله معها الى أعلى .

أسباب صعود الهواء الى أعلى :

مادامت نشاة عواصف الرعد والبرق مرتبطة بصعود الهواء الرطب المضطرب الى أعلى ، فاننا نشير فيما يلى الى أسباب صعوده والمناطق التى يكثر فيها هذا الصعود الى أعلى :

١ - التسخين الشديد للهواء المحمل بالرطوبة فوق اليابس ، كما هى حال عواصف الرعد والبرق التى تحدث فى الجهات الاستوائية ، وفى داخل الكتل اليابسة حيث تتوفر الحرارة والرطوبة فى النطاقات المعتدلة ، خاصة بعد الظهر وفى الساعات الأولى من المساء ، وتسمى عواصف الرعد **الحرارية أو الانقلابية** Heat or Convectional Thunderstorms .

٢ - مرور كتل هوائية باردة على أسطح مائية دافئة ، كما هى الحال فى عواصف الرعد التى تنشأ على أسطح المحيطات ليلا عندما يكون الفرق كبيرا بين حرارة الهواء وسطح الماء .

٣ – ارتفاع الهواء المحمل بالرطوبة الى اعلى على امتداد الجبهات الهوائية فى العروض المعتدلة • وتختلف عواصف الرعد هـذه عن عواصف الرعد المنفردة الناشئة عن تسخين الهواء الرطب على سطح الأرض ، فهذه تحدث على شكل نطاق طولى متصل يمتد فى القطاع الدافىء من المنخفضات الجوية موازيا للجبهة الباردة ، ويتراوح عرضه بين ٢٥ – ٩٠ كم ، ويبلغ طوله عدة مئات من الكيلو مترات ، وتسمى هذه باسم **عواصف رعد الجبهات الهوائية** Frontal Thunderstorms •

٤ – تحول كتلة هوائية من الاستقرار الى الاضطراب عنـد عبورها لنطاق جبلى مرتفع ، خصوصا اذا تميزت بارتفاع حرارتهـا ورطوبتها ، وتسمى حينئذ **عواصف الرعد والبرق التضاريسية** Orographic •

٥ – ارتفاع الهـواء الدافىء فوق الهـواء البارد عند تقـابل كتلتين هوائيتين مختلفتى الخصائص ، وتعرف باسم **عواصف رعد الكتل الهوائية** Air-mass Thunderstorms •

٦ – اندفاع الهواء الرطب بقوة وعنف فى الأعاصير المدارية الى أعلى كما يحدث فى **عواصف الهاريكين والتورنادو** •

٧ – التسخين المحلى للهواء الرطب وصعوده الى أعلى بسبب النشاط البركانى ، أو بسبب حدوث الحرائق الكبيرة فى الغابات •

تفسير ظاهرة البرق والرعـد :

هناك عدة نظريات تناولت تفسير سبب وكيفية حدوث عواصف البرق والرعد داخل سحب المزن الركامى • وينحصر الاختلاف بين هذه النظريات فى تعليل تكون الشحنـات الكهربية الموجبة والسـالبة داخل سحب المزن الركامى ، وفى توزيع تلك الشحنات بداخل تلك السحب •

وتتفق جميع النظريات القديم منها والحـديث فى أن البرق يحـدث نتيجة لتفريغ كهربائى اما فى داخل السحابة المنفردة ، أو فيما بين سحابتين متجاورتين ، أو بين سحابة وسطح الأرض ، ويطلق على البرق فى الحالة الأخيرة اسم **صاعقة البرق** Strike •

وسنكتفى هنا بشرح موجز لأحـدث النظريات وأقربها الى الصـحة • وتربط هذه النظرية الحديثة بين الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة التى تتولـد فى سحب المزن الركـامى ، وبين الشحنـات الكهربائية المـوجبة الموجودة فى طبقة الأيونوسفير فوق ارتفاع ١٢ كم من الغـلاف الجوى من جهة ، وبين شحنات سطح الأرض السالبة من جهة أخرى •

وقد تبين أن الشحنات الكهربائية التى تتولـد فى سحب المزن الركامى

تنقسم الى قسمين : الشحنات السالبة تتجمع فى القسم الأعلى من السحب ، بينما تتجمع الشحنات الموجبة فى القسم السفلى من تلك السحب · وتحمل تيارات الهواء الصاعد الشحنات الكهربائية الموجبة من أسفل سحب المزن الركامى الى أعلاها حيث الشحنات السالبة ، اضافة الى تاثيرات الشحنات الموجبة فى طبقة الأيونوسفير على أعالى السحب ، وشحنات سطح الأرض السالبة على أسافلها·**ونتيجة لذلك يحدث تفريغ هوائى داخل هذه السحب، فيحدث البرق ·**

ويأخذ وميض البرق عدة أشكال ، فقد يتشعب أو يتعرج ، وقد يكون بهيئة أقلام مصفوفة ، أو يكون شريطيا أو بهيئة كرات كبيرة الحجم مضيئة·

ويحدث البرق والرعد فى وقت واحد تقريبا ، فهما يتعاصران ، لكن لأن سرعة الضوء (مقدارها ٣٠٠ الف كيلو متر فى الثانية) أكبر كثيرا من سرعة الصوت (٣٣٠ مترا فقط فى الثانية) ، فان المشاهد حين العاصفة يرى البرق أولا ، ثم يسمع الرعد بعد ذلك بعدة ثوان ، وكثيرا ما يعقب الرعد هطول المطر ، الذى يساعد على هدوء العاصفة ، وذلك لأنه يلطف حرارة سطح الأرض ، فتقل لذلك التيارات الهوائية الصاعدة ·

ويحدث الرعد عقب بدء حدوث البرق مباشرة بسبب التمدد الفجائى للهواء الذى ترتفع حرارته ارتفاعا كبيرا وبشكل فجائى بفعل البرق · وتتولد فى الهواء المتمدد على هذا النحو سلسلة من موجات التضاغط والتخلخل التى تنعكس على أسفل السحب وقمم المرتفعات ، **فتحدث فرقعة أو فرقعات متتالية تعرف بالرعد ·**

هذا وقد تبين من مختلف الدراسات أن عواصف الرعد تزيد فى المدن عنها فى الريف ، ويرجع ذلك الى شدة اضطراب الجو فى المدن ، وارتفاع نسبة التلوث بالشوائب · كما أن متوسط أيام حدوثها يختلف من منطقة لأخرى ، والجهات الاستوائية هى أكثر جهات العالم تعرضا لحدوثها ، بسبب شدة نشاط التيارات الهوائية الرطبة الصاعدة · ويبلغ متوسط عدد أيام حدوث تلك العواصف فيها نحو ٨٠ يوما فى السنة ، تزداد فى مناطق الجزر الاستوائية ، فيبلغ نصيب جزيرة جاوه منها نحو ٢٠٠ يوم كل سنة، وتشهد مدن الشمال المصرى أكثر من عاصفة رعد وبرق كل عام فى الخريف والشتاء ·

الفصل الثامن

التبخر والرطـــوبة

- بخار الماء فى الجو واهميته .
- مصادر بخار الماء ، ووظائفه فى الجو .
- وسائل التعبير عن بخار الماء : ضغط بخار الماء ، الرطوبة النوعية ، نسبة الخلط ، الرطوبة الكلية ، الرطوبة النسبية ، نقطة الندى .
- دورة الرطوبة اليومية والفصلية وتوزيعها الجغرافى .
- قيـاس التبخر : جهـاز ويلـد ، جهـاز بيش ، الهيجـرومتر ، الهيجروجراف . كيفية اعداد الأجهزة للاستعمال، وكيفية استخدامها وقراءتهـــا .

التبخـــر والرطـــوبة

بخار الماء اهم المواد العالقة بالجو ٠ وهو مهم للغاية في دراسة المناخ ، لانه الاصل والمادة اللازمة لجميع مظـاهر التكاثف من سحب وتسـاقط (أمطار وثلوج وبرد) وضباب وندى ٠ ولا يخلو جو مكان على سطح الأرض من وجوده ، حتى فى المناطق الصحراوية ٠ لكن كميته ونسبته تختلف من مكان لآخر تبعا لقرب او بعد مصادره ٠ فالمناطق الاستوائية والمعتدلة هى أكثر مناطق العالم رطوبة ،بينما تعتبر المناطق المدارية الصحراوية والمناطق القطبية أقلها احتواء لبخار الماء ٠ ويتركز معظم بخار الماء فى المستويات السفلى من الغلاف الجوى ، ويوجد كل بخار الماء فى طبقة الجو المحصورة بين مستوى البحر وارتفاع عشرة كيلو مترات ٠

مصـادر بخـار المـاء :

١ ـ المسطحات المائية وهى بترتيب أهميتها كمصـدر لبخار الماء : المحيطات،البحار،الانهار،البحيرات،المستنقعات،والغطاءات الجليدية ٠

٢ ـ النتح من الغطاءات النباتية ، فالنبات يطلق فى الجـو مقادير كبيرة من بخار الماء ٠

٣ ـ الانسان والحيوان والأجسام والأسطح المبللة بالماء ومنها التربة ٠

وظـائف بخـار المـاء :

لبخار الماء العالق بالجو عدة وظائف مهمة نجملها فيما يلى :

١ ـ هو حلقة رئيسية فى سلسلة الدورة الهيدرولوجية ، وهى دورة المياه فى النظام الأرضى ٠ فالمياه فى حركة مستمرة ، فهى تتحول من الصلابة (ثلج وجليد) الى السيولة ، ومن السيولة الى الحالة الغازية (بخار) عن طريق التبخر ، ويتكاثف البخار فى الجو ، ويسقط فى شكل مطر او ثلج او برد٠ولا تشتمل الدورة الهيدرولوجية Hydrolgical Cycle على هذه السلسلة بحالاتها الثلاث فقط ، بل انها تتضمن تبادلا للطاقة ، فعندما يتبخر الماء يأخذ طاقته من سطح الأرض ، وينقلها الى الغلاف الجوى عندما يتكاثف ٠ ومعروف أن كل جرام ماء يحتاج الى ٥٩٣ سعرا حراريا لكى يتبخر ، ولكى يتحول الجرام من حالة الصلابة الى السيولة يحتاج الى نحو ٨٠ سعرا حراريا٠

هذا وتقدر نسبة المياه الموجودة فى الجو فى هيئة بخار بنحو ٠٫٠١٪ فقط من جملة المياه الموجودة فى النظام الأرضى ، وهى توازى نحو ٣٨٠

الف كم٣ من المياه . ويساهم التبخر من البحار والمحيطات بنحو ٣٢٠ ألف كم٣ ، ومن المصادر الأخرى على اليابس بحوالى ٦٠ الف كم٣ . وتحوى البحار والمحيطات ٩٧٫٥٪ من جملة مياه النظام الكونى ، تغطى مساحة من الكرة الأرضية مقدارها ٧١٪ تقريبا ، بينما توجد بالأنهار والبحيرات مياه عذبة نسبتها ٠٫٤٩٪،ويحتوى الجليد الذى يغطى المناطق القطبية وقمم الجبال نحو ٢٪ من مياه الكرة الأرضية .

٢ ـ بخار الماء عامل مهم فى تنظيم الاشعاع الشمسى ، فهو يمتص جانبا مما يرد منه الى سطح الارض ، ثم يرده الى الجو بعد تكاثفه وانتشار الحرارة الكامنة من حبيباته الى الجو،ولهذا يعد عاملا مساعدا على توزيع الحرارة على سطح الأرض.وهو أيضا يحجز معظم الاشعاع الارضى، ويبقيه فى المستويات السفلى من الجو،ولا يتسرب الى طبقات الجو العليا.

٣ ـ تتوقف حالات الاستقرار وعدم الاستقرار فى الجو على مقدار وجود بخار الماء فيه.وتستمد الاضطرابات الجوية معظم طاقتها من تكاثف بخار الماء الموجود فيها ، ومنها أعاصير الهاريكين والتورنادو . ولهذا فانها تضعف ثم تتلاشى بتدخلها فى اليابس ، لأنها تفتقر فوقه الى موارد المياه لتعوض ما تفقده عن طريق التساقط الغزير .

وسائل التعبير عن بخار الماء :

له خصائص معلومة يعبر عنها بوسائل مختلفة ويتم رصدها وقياسها :

١ ـ ضغط بخار الماء :

يمارس بخار الماء الموجود فى الجو ضغطا يحسب جزءا من الضغط الجوى ، وهو يتناسب تناسبا طرديا مع مقدار ما يوجد منه عالقا بالجو . فكلما ازدادت كمية بخر الماء فى الجو ارتفع ضغطه . ويسمى ضغط بخار الماء فى الجو عند وصوله الى حالة التشبع باسم **ضغط بخار الماء التشبعى** **Saturation Vapor Pressure** وهى الحالة التى عندها لا يستطيع الهواء أن يتحمل بعدها أية كمية اضافية ، فيصير مشبعا تماما . وتزداد مقدرة الهواء على حمل بخار الماء كلما ارتفعت درجة حرارته . ولهذا فان ضغط بخار الماء التشبعى يزيد بارتفاع درجة الحرارة . مثال ذلك يصل الضغط التشبعى الى نحو ١٢٫٢٥ ملليبارا عندما تكون درجة حرارة الجو ١٠ درجة مئوية ، ويصبح نحو ٨٨ ملليبارا عندما تكون درجة الحرارة حوالى ٤٣ درجة مئوية . وتستخدم وحدة قياس الضغط الجوى العادى للتعبير عن ضغط بخار الماء التشبعى اى المليمتر/زئبق أو المليبار .

٢ ـ الرطوبة النوعية Specific Humidity :

هى عبارة عن نسبة وزن بخار الماء بالجرام لكل كيلو جرام من الهواء. ومن الطبيعى أن وزن بخار الماء يزداد بازدياد كميته الى أن يصل حدا

يصبح الهواء بعده مشبعا ، فلا يستطيع أن يقبل كمية جديدة من بخار الماء. وحينئذ تصل الرطوبة النوعية للهواء الى حد التشبع **وتسمى الرطوبة النوعية التشبعية** ، وهى مثل ضغط بخار الماء التشبعى مقياس لقدرة الهواء على حمل بخار الماء ، وهى تتوقف أيضا على درجة الحرارة • فحينما تكون درجة حرارة الجو ٥°م تكون الرطوبة النوعية التشبعية ٨ر٦جرام/كجم،واذا ارتفعت الحرارة وأصبحت ٣٥°م تصير ٦ر٣٩جرام/كجم•وينبغى أن نشير هنا الى أن الرطوبة النوعية **تمثل وزن بخار الماء فى الهواء الرطب**•

نسبة الخلط :

تختلف نسبة الخلط Mixing Ratio عن الرطوبة النوعية ، فى أنها **تمثل وزن بخار الماء الذى يوجد فى الهواء الجاف** • وتستخرج النسبة بقسمة وزن بخار الماء على وزن الهواء الجاف أى بعد أن يطرح منه وزن بخار الماء • والفرق لا يكون كبيرا بين الرطوبة النوعية ونسبة الخلط لأن بخار الماء قليل فى الغلاف الجوى بصفة عامة •

الرطوبة الكلية :

وتسمى أيضا الرطوبة المطلقة **Absolute Humidity** ، وتقدر بوزن بخار الماء الموجود فى وحدة حجم معينة من الهواء ، وعادة بالجرام فى كل متر مكعب من الهواء • وتعتمد الرطوبة الكلية التشبعية على درجة الحرارة أيضا ، مثلها فى ذلك مثل الرطوبة النوعية وضغط بخار الماء •

وهى لا تستخدم كثيرا فى التعرف على حالة رطوبة الجو ، لأن حجم الهواء يتغير كثيرا بالتمدد والانكماش • فهو حين يرتفع يبرد فينكمش فتزداد الرطوبة المطلقة دون أن تطرأ أية زيادة فى كمية بخار الماء فيه • وحين يهبط تزداد درجة حرارته فيتمدد ، وبالتالى تنقص رطوبته الكلية دون أن يكون قد فقد شيئا من بخار الماء الموجود فيه •

الرطوبة النسبية :

الرطوبة النسبية Relative Humidity هى النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة فى وحدة حجم معينة من الهواء وبين كمية بخار الماء اللازمة لتشبع نفس الحجم من الهواء وهو فى نفس درجة الحرارة ، وبذلك تختلف عن الرطوبة الكلية التى تقيس كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء فعلا •

فاذا قلنا ان الرطوبة النسبية للهواء ٥٠٪ فاننا نعنى أن كمية بخار الماء الموجودة فيه تعادل نصف الكمية التى يحملها عندما يكون مشبعا • ويقال ان الهواء جاف اذا انخفضت رطوبته النسبية الى ما دون ٥٠٪ ، بينما يعتبر متوسط الرطوبة اذا كانت رطوبته النسبية بين ٥٠ ـ ٧٠٪ ، ويعتبر عالى الرطوبة اذا زادت النسبة عن ٧٠٪ •

وتقل الرطوبة النسبية فى الهواء بارتفاع حرارته ، وتزداد بانخفاضها

مثال ذلك :

هواء رطوبته الكلية ٥٠ جراما ، ويستطيع نفس الهواء وهو فى نفس درجة الحرارة أن يحمل ١٠٠ جرام ، فان رطوبته النسبية تكون :

$$\%٥٠ = \frac{٥٠٠ \times ١٠٠}{١٠٠}$$

فاذا ارتفعت حرارة هذا الهواء ، زادت قابليته لحمل بخار الماء ، وتصبح ١٢٠ جراما بدلا من ١٠٠ جرام ، وبذلك تصبح رطوبته النسبية :

$$\%٤١٫٦٦ = \frac{٥٠ \times ١٠٠}{١٢٠}$$

أما اذا انخفضت درجة الحرارة فان الهواء ينكمش وتقل قابليته على حمل بخار الماء وتنخفض الى ٨٠ ، ولذلك تصير رطوبته النسبية :

$$\%٦٢٫٥ = \frac{٥٠ \times ١٠٠}{٨٠}$$

واذا فرضنا وانخفضت درجة الحرارة حتى يصبح بخار الماء الذى يحمله الهواء فعلا معادلا للمقدار الذى لا يستطيع الهواء حمل أكثر منه فان الرطوبة النسبية تصبح ١٠٠٪ :

$$\%١٠٠ = \frac{٥٠ \times ١٠٠}{٥٠}$$

وحينئذ نقول ان الهواء قد وصل الى حالة التشبع •

هذا ويمكن استخدام أى من المعادلات الآتية لحساب الرطوبة النسبية :

١ ـ الرطوبة النسبية = $\frac{\text{ضغط بخار الماء التشبعى}}{\text{ضغط بخار الماء الحقيقى}} \times ١٠٠$

٢ ـ الرطوبة النسبية = $\frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{الرطوبة النوعية التشبعية}} \times ١٠٠$

٣ ـ الرطوبة النسبية = $\frac{\text{معدل الخلط}}{\text{معامل الخلط التشبعى}} \times ١٠٠$

٤ ـ الرطوبة النسبية =

$$\frac{\text{ضغط بخار الماء عندما تكون درجة الحرارة تساوى نقطة الندى}}{\text{ضغط بخار الماء الاشباعى الذى يتناسب مع الحرارة الفعلية للهواء}} \times ١٠٠$$

نقطة النـــدى Dew Point :

هى تعبير عن درجة الحرارة التى يصل عندها الهواء الى حالة التشبع ،

وهى الدرجة التى اذا انخفضت درجة حرارة الهواء الى أقل منها ، فانه لا يقدر على حمل كل ما به من بخار ماء فيتكاثف القسم الزائـد منه من الحالة الغازية الى حالة أخرى من حالات التكاثف سائلة أو صلبة تبعا لنقطة الندى . فاذا كانت صفرا أو أقل من الصفر ، كان التكاثف ثلجا أو بردا ، واذا كانت نقطة الندى أعلى من الصفر كان التكاثف سائـلا كالضباب أو الندى أو المطر . ويشترط فى تبريد الهواء حتى يصل الى نقطة الندى أن لا يتغير ضغطه الجوى ، أى يبقى على نفس المستوى فلا يرتفع الى أعلى.

دورة الرطوبة اليومية والفصلية وتوزيعها الجغرافى :

عندما ترتفع درجـة الحرارة تنخفض الرطوبة النسـبية ، والعكس صحيح ، أى أن العلاقة بين رطوبة الهواء ودرجة حرارته عـلاقة عكسية . وتتأثر الرطوبة النسبية تبعا لذلك بعاملين هما :

١ ـ درجة الحرارة .　　　　٢ ـ كمية بخار الماء فى الجو .

ففى الأيام التى يكون الجو فيها هادئا خاليا من وصـول كتل هوائية تكون الدورة اليومية للرطوبة النسبية معـاكسة لدورة الحرارة اليومية . بمعنى أن الوقت الذى تشتد فيه حرارة النهار تقل رطوبته النسبية ،والعكس صحيح . وتبعا لذلك فان ساعات الصباح المبكر تشهد رطوبة نسبية مرتفعة ، ثم تأخذ الرطوبة النسـبية فى الانخفاض التدريجى مـع شروق الشمس ، وارتفاع الحرارة حتى تبلغ أدنـاها مع أقصى درجـات الحرارة فيما بعد الظهر ، ثم تبدأ فى الارتفاع التدريجى مع انخفاض درجـات الحرارة فى المساء وأثناء الليل حتى ساعات الصباح المبكر التالى حين تصل أقصـاها قبل أن تشرق الشمس .

وترتفع الرطوبة النسبية فى المناطق الاستوائية طـوال العام ، أما فى المناطق المدارية الرطبة والجهات البحرية فان الرطوبة النسبية ترتفع فى الصيف عنها فى الشتاء . وفى المنـاطق المعتدلة ترتفع الرطـوبة النسبية فى الشتاء الماطر عنها فى الصيف الجاف .

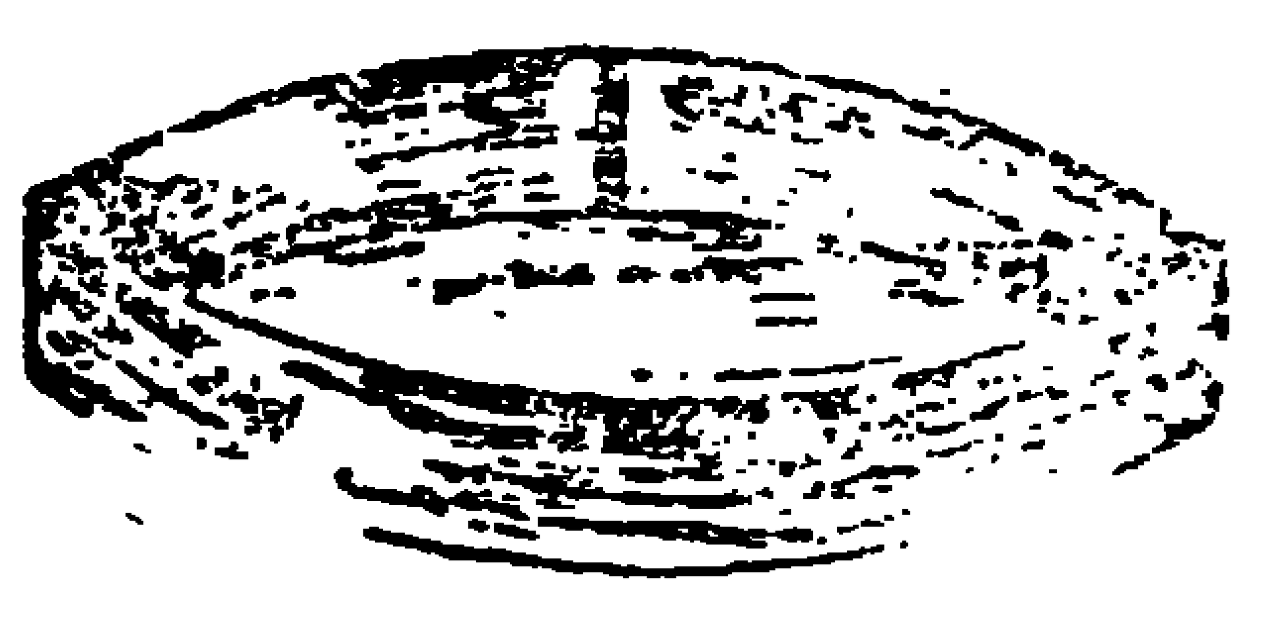
ومن الواضح أن الرطوبة النسبية تبلغ أقصاها فى الجهـات الاستوائية وتتناقص بالتدريج باتجاه الشمال والجنوب مع درجات العرض حتى تصل أدناها فى المناطق المدارية الجافة فى غربى القارات حيث الهواء الهابط . ثم تعود الى الارتفـاع فى المناطق المعتـدلة حيث يساعد انخفـاض درجة الحرارة شتاء وارتفاع الهواء الى أعلى بتاثير الجبهات والمنخفضات الجوية. كما ترتفع فى الأقاليم الموسمية صيفا .

قيـاس التبخـر :

عرفنا ما للتبخر وبخار المـاء من أهمية بالغة ، لهذا يعنى بـدراسته

وقياسه المشتغلون بعلوم شتى منها علوم المناخ والنبات وهندسة المياه .
ويقاس التبخر بواسطة أجهزة خاصة أهمها جهازان هما :

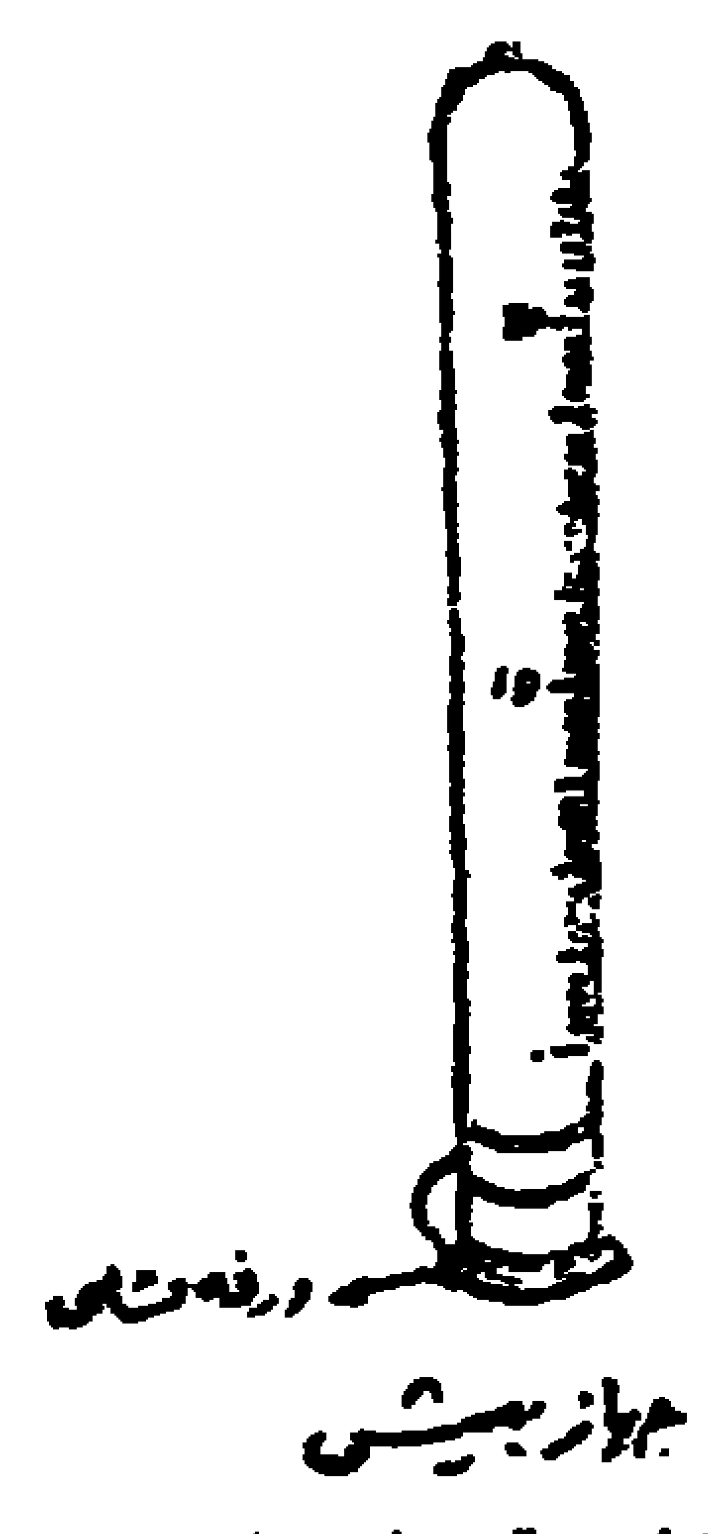
١ - جهاز ويلد Wild . ٢ - جهاز بيش Piche .



جهاز ويلد

والجهاز الأول :

عبارة عن حوض يعرض للجو مباشرة ، وهو مملوء بالماء ومدرج فى أحد جوانبه ، ويبلغ اتساع هذا الحوض ١٨٠ سنتيمترا مربعا ، وعمقه ٤٦ سنتيمترا ،ويقاس التبخر بمقدار انخفاض الماء فى الحوض شكل (٦٥) .



جهاز بيش

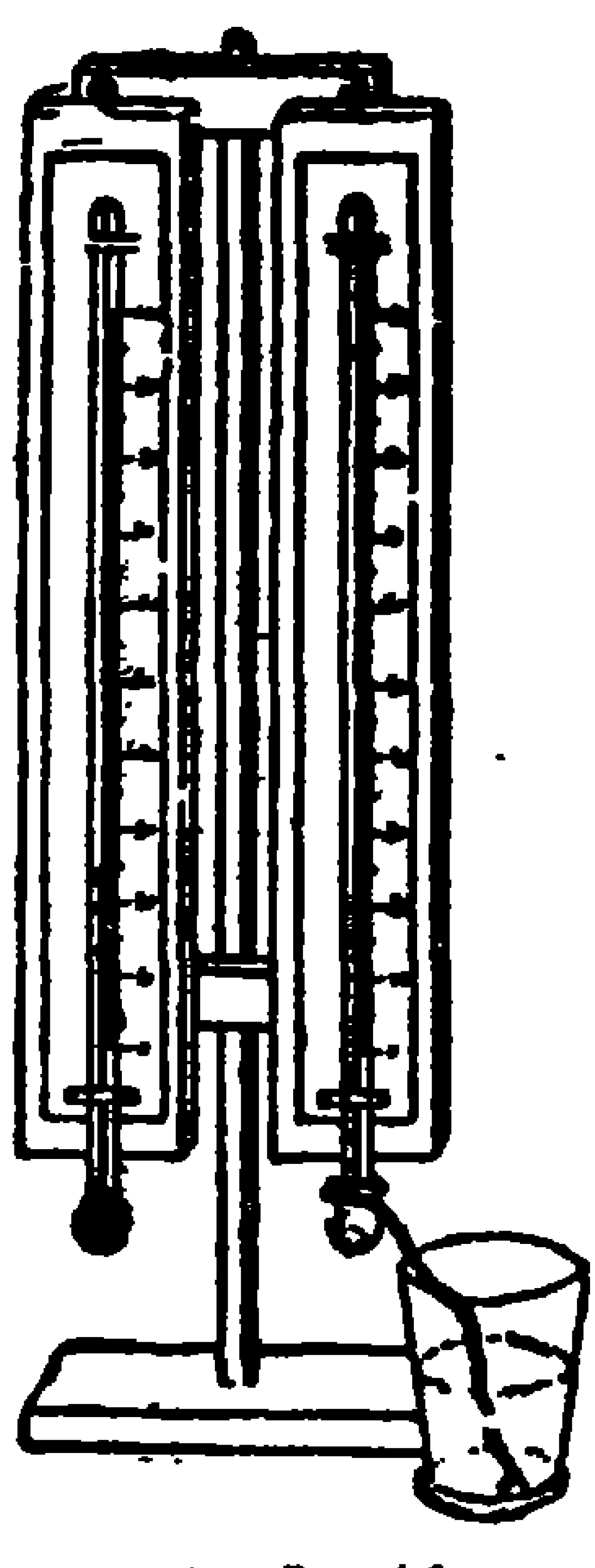
شكل رقم (٦٥)
أجهزة قياس التبخر

أما الجهاز الثانى :

فهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مدرجة ، وأحد طرفيها مغلق ، والآخر مفتوح ، تملا بالماء وتوضع منعكسة ، بحيث يكون الطرف المفتوح الى أسفل ويثبت على الفوهة قطعة من ورق النشاف بواسطة ماسك معدنى . ونتيجة لتعرضها لاشعة الشمس فان الماء يتبخر من سطح ورقة النشاف التى تمتص الماء من الانبوبة فينخفض ارتفاع الماء بها . فمثلا اذا كان طول الانبوبة ٢٤ سم ، ومملوءة بالماء كلية ، ووضعت فى الوضع الصحيح لها ، وبعد مدة قدرها ساعة مثلا وجدنا أن الماء فى الانبوبة انخفض الى ٢٣ر٤ سم ، فان مقدار التبخر سيكون ٢٤ر٠٠ - ٢٣ر٤ = ٠ر٦سم،وهكذا يمكن معرفة مقدار التبخر خلال ساعات اليوم ، ومنه نستنتج المتوسط اليومى للتبخر .

وهناك علاقة وطيدة بين درجة الحرارة والتبخر ، فنلاحظ أن التبخر يزداد دائما فى اشهر الصيف عنه فى أشهر الشتاء . ومن الثابت أيضا أن التبخر يتناقص بصفة عامة كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا ، كما يتناقص أيضا كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر بسبب انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع أيضا .

قيــاس الرطــوبة وتسجيلها :



شكل رقم (٦٦)
جهاز الهيجرومتر

تقدر نسبة الرطوبة فى الجو بواسطة :

١ ـ الهيجرومتر : للقياس ٠

٢ ـ الهيجروجراف : للتسجيل ٠

ويتكون الجهــاز الاول كما فى شكل (٦٦) عن : ترمومترين ، أحدهما جاف والاخر مبلل٠

ويعين الترمومتر المبلل درجــة حرارة أقل من درجة حرارة الترمومتر الجــاف ، وسبب ذلك أن التبخر حول الفقاعة المبللة يؤدى الى انخفاض درجة الحرارة فى الترمومتر ، ويزيد هذا التبخر أو ينقص حسب مقدار رطوبة الهواء٠

ويتركبجهــاز الهيجروجراف الذى يسجل الرطوبة النســبية فى الجو تلقائيا من : (شكل رقم ٦٧) ٠

١ ـ خصلة من شعر الانسان تتأثر بالرطوبة فتتمدد بزيادة الرطوبة وتنكمش بقلتها ٠

٢ ـ مجموعة روافع تنقل حركتى التمدد والانكماش من خصلة الشعر الى الذراع المتصل بها ٠

٣ ـ ذراع نهاية طرفه ريشة تتحرك الى أعلى وأسفل ٠

٤ ـ أسطوانة معدنية تدور حول نفسها بواسطة ساعة دورة كاملة كل أسبـــوع ٠

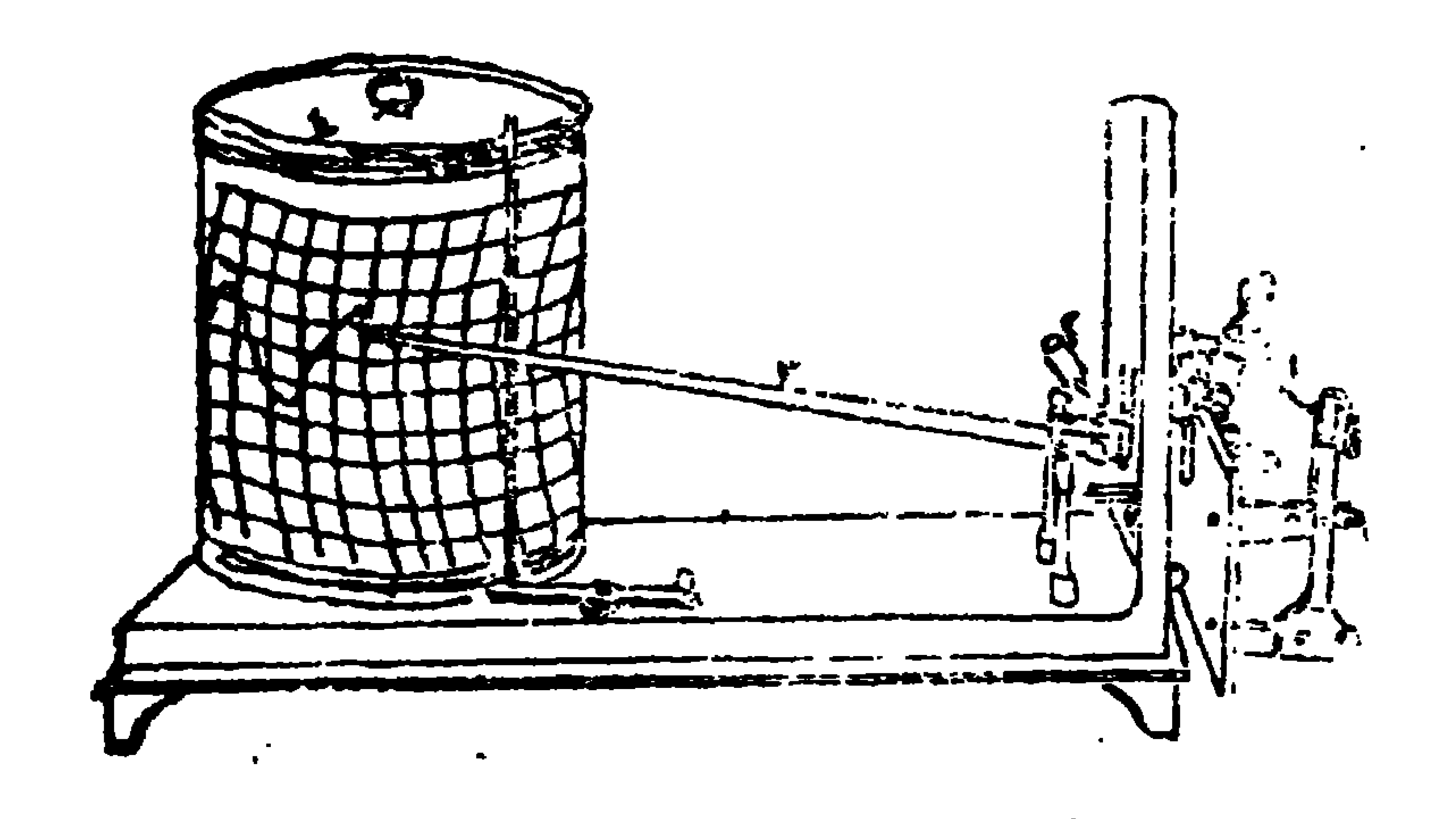
٥ ـ يلف حول الأسطوانة ورقة بيانية ترسم عليها الريشة خطا بيانيا لنسبة الرطوبة فى الهواء طوال الأسبوع ٠

كيفية قراءة الهيجرومتر :

لايجاد نسبة الرطوبة فى الجو تتبع الخطوات الآتية :

١ ـ نقرأ درجة الحرارة التى يعينها الترمومتر المبلك ولتكن مثلا ١٠°م٠

٢ ـ نقرأ درجة الحرارة التى يعينها الترمومتر الجاف ولتكن مثلا ١٣°م٠



شكل رقم (٦٧) الهجروجراف (مسجل الرطوبة)

٣ – نرجع الى جداول خاصة شكل رقم (٦٨) فنجد ان الرقم المقابل لهاتين الدرجتين هو ٦٦ وهو النسبة المئوية للرطوبة فى الهواء .

كيفية اعداد الهيجروجراف للاستعمال :

يتبع فى اعداد الهيجروجراف للاستعمال نفس الخطوات التى اتبعت فى اعداد جهازى الترموجراف والباروجراف .

درجة الترمومتر الجاف / درجة الترمومتر المبلل	٥°	٦°	٧°	٨°	٩°	١٠°	١١°	١٢°	١٣°	١٤°	١٥°	١٦°	١٧°	١٨°
٥	١٠٠	٨٥	٧١	٥٩	٤٨	٣٩	٣٠	٢٢	١٦	١٠	٣	—	—	—
٦	—	١٠٠	٨٥	٧٢	٦١	٥٠	٤١	٣٣	٢٥	١٨	١٣	٦	٢	—
٧	—	—	١٠٠	٨٦	٧٣	٦٣	٥٣	٤٣	٣٥	٢٨	٢١	١٥	١٠	٥
٨	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٤	٦٣	٥٤	٤٥	٣٧	٣٠	٢٤	١٨	١٣
٩	—	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٥	٦٥	٥٥	٤٧	٣٩	٣٢	٢٦	٢٠
١٠	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٦	٦٦	٥٧	٤٩	٤١	٣٤	٢٨
١١	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٧٧	٦٧	٥٨	٥٠	٤٣	٣٦
١٢	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٧٨	٦٨	٥٩	٥٢	٤٤
١٣	—	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٩٠	٧٥	٦٩	٦١	٥٣
١٤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٧٩	٧٠	٦٢
١٥	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٨٠	٧١

شكل رقم (٦٨) جزء من جـدول الرطوبة

الفصل التاسع

التكـاثف واشكـاله

- التكاثف ومظاهره ٠
- عوامل حدوث التكاثف ٠
- نويات التكـاثف ٠
- أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعلى السطح :
  - الضباب : العوامل المسـاعدة على تكوينه ، أنواع الضـباب ، التوزيع الجغرافى للضباب ، مزايا الضباب ومساوئه ٠
  - الندى : تعريفه ، شروط تكوينه ، أهميته ٠
  - الصقيع : تعريفه ، كيفية تكوينه ، أنواعه ٠

التكاثف ومظاهره :

اذا كان الهواء لا يستطيع ان يتقبل ويحتــوى أكثر مما به من بخــار الماء ، يقال ان الهواء مشبع بالرطوبة • فاذا انخفضت درجة حرارة الهواء الى ما دون درجة الندى ، فان بخار الماء الموجود به يبـدأ فى التكاثف • **والتكـاثف Condensation** عبارة عن تحول بخار الماء الموجود بالجـو من حالة غير مرئية الى حالة يمكن رؤيتها ، من ذلك تحوله الى **قطرات مائية صغيرة جدا** تبقى عالقة فى الجو نشاهدها فى **هيئة سحب** ، أو الى قطرات صغيرة من الماء كما **هو الحال فى المطر** ، أو الى بلورات متجمدة كما هو **الحال فى الثلج والبرد** •

عوامل حدوث التكاثف :

يمكن اجمال العوامل التى تؤدى الى خفض درجة حرارة الهـواء الى ما دون درجة الندى وحدوث التكاثف فيما يلى :

١ ــ فقدان الهواء لحرارته بالاشعاع ــ أثنــاء الليل نتيجة لانتشــاره وتمـــدده •

٢ ــ فقـدان الحرارة من سطح الأرض بالاشعاع أيضا ، فتبرد طبقة الهواء الملامسة لهذا السطح ، وتنتقل البرودة منها الى الطبقة التى تعلوها •


٣ ــ هبوب الرياح المحملة ببخار الماء من جهـات دفيئة الى جهات أبــرد •

٤ ــ ارتفاع التيارات الهوائية الساخنة الرطبة الى أعلى ، فتتسبب فى تكوين السحب ثم سقوط المطر •

٥ ــ مرور هــواء ساخن محمل ببخار المــاء فوق أسطح الغطــاءات الجليدية أو فوق تيار مائى بحرى بارد •

٦ ــ اعتراض المرتفعات لمرور الرياح المحملة ببخار الماء ، فتضطر الى الصعود فوق سفوحها فتبرد ، وتسقط ما بها من رطوبة •

٧ ــ حينما تتقابل كتل هوائية تختلف فى خصائصها من حيث الحرارة مع احتوائها على الرطوبة ، فيصعد هواء الكتل الدافئة فوق هواء الكتل الباردة ، فيبرد ويتكاثف ما به من بخار ماء •



نويــات التكــاثف :

عرفنا أنه لكى يحدث التكاثف لابد من انخفــاض درجة حرارة الهواء الى ما دون نقطة الندى . وقد تبين أن هناك عاملا آخر يعد أساسيا لحدوث التكاثف يتمثل فيما يسمى **«نويات التكاثف»** ومدى توافرها فى الجــو . ذلك أن التكاثف لايتم بســهولة فى الهواء النقى الخالى من الشــوائب ، فقــد تصل الرطوبة النسـبية الى ٤٠٠٪ وأكثر قبل أن يبدأ بـخـار الماء الموجود فى الهواء فى التكاثف ، وان كان فى الواقع لا يحدث فى الجو ، بل الذى يحدث أن يبدأ التكاثف حتى قبل أن يصل الهواء الى درجة التشبع . والسبب فى ذلك وجود نويات التكــاثف التى من حولها يتكاثف بخار الماء الموجود بالهواء .

وقد تبين مؤخرا أن ذرات الغبار والأتربة والرمال الدقيقة العالقة بالجو والتى توجد به بكميات كبيرة ، ليست فعالة فى احداث التكاثف مثل **«نويات التكاثف المتميعة» Hydroscopic Nuclei** . وهى عبارة عن جسيمات صغيرة جدا من الأملاح والأحماض المنتشرة فى الجو ، وتتالف غالبا من مواد متميعة تقبل امتصاص بخار الماء ، وأهمها كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام، الذى يتطاير فى الغلاف الجوى بكثرة بسبب توالى انفجار فقاعات المياه من أمواج البحار والمحيطات ، ويكثر وجود هذه النويات فى المناطق الساحلية بطبيعة الحال ، فالبحار والمحيطات هى المصدر الرئيسى لها .

وتتالف النويات المتميعة فى منــاطق العمران من كلــوريد الكالسيوم والغازات والأحماض التى تذوب فى الجو المشبع ببخار الماء وتكون نويات متميعة مثل الكبريتات والكربونات التى تتكون من اذابة ثانى أكسيد الكربون فى جزيئات بخار الماء .

من هذا نرى أن نويات التكاثف تختلف عن بعضــها من حيث نوعيتها وطبيعتها ، ومن ثم قدرتها على الاسراع فى اتمام التكــاثف ، وأن أهمية الشوائب الصلبة مثل الغبار رغم كثرتها فى الجو كنويات لتكاثف بخار المــاء تقل كثيرا عن أهمية الأملاح والأحماض . ذلك أن الشوائب الصلبة تحتاج أن يصل الهواء درجة مرتفعة من التشبع لكى يبدأ تكاثف بخار الماء حولها ، بينما لا تحتاج نويات التكاثف المتميعة من الامــلاح والاحماض الى درجة تشبع أقل من هذا بكثير ، لانها تقبل امتصاص بخار المــاء بسرعة وتذوب فيه ، مكونة لمحاليل تقوم بوظيفة نويات مستجدة لتكثيف بخار الماء . ولقد ثبت أن التكاثف يبدأ حول نويات مكونة من ملح الطعام عندما تصل الرطوبة النسبية ٧١٪ فقط .

وفضلا عن أهمية نويات التكاثف المتميعة فى أن بخار الماء يتكاثف عليها قبل وصول الهواء درجة التشبع ، فانها تساعد أيضا على بقاء قطيرات الماء الموجودة فى مستويات الهواء العليا سائلة ، رغم انخفاض درجات الحرارة عند تلك المستويات العليا الى مـا دون درجة التجمد • ويرجع سبب ذلك الى أن درجة تجمد السوائل المائعة التى تنشأ عن ذوبان تلك الأملاح والحوامض فى الهواء الرطب أقل من درجة التجمد العادية للماء • وقد أمكن مشاهدة قطرات مائية سائلة فى هواء درجة حرارته أقل من ٢٥ درجة مئوية تحت الصفر •

أما فى حالة التكاثف حول النويات الصلبة (غبار وأتربة) فانه اذا كانت نقطة الندى صفرا أو أقل من الصفر فان تكاثف بخار الماء حولها يتم مباشرة فى شكل صفائح ثلجية تنمو بازدياد التكاثف •

وتختلف نويات التكاثف سواء كانت صلبة أو مائعة عن بعضها فى الحجم كما تتباين فى النوع • فبعضها دقيق صغير الحجم جدا لا يصلح للتكاثف ، وهذه يقل قطرها عن جزء من ألف جزء من المايكرون • أما النويات النشطة الفعالة فى تكاثف بخار الماء والتى يغلب وجودها فى الجو فهى التى يبلغ قطرها المايكرون • وكلما زادت أحجام النويات كلما ارتفعت فاعليتها فى اتمام عملية التكاثف •

اشكـال التكـاثف :

يتخذ تكاثف بخار الماء حول نويات التكاثف أشكالا مختلفة تبعا لعاملين همـا :


١ ـ درجة حرارة نقطة الندى :

اذا كانت مرتفعة عن الصفر المئوى يتخذ التكاثف شكل ضباب أو ندى أو سحب أو مطر ، أما اذا كانت منخفضة عن الصفر فان التكاثف يصبح فى شكل ثلج أو برد أو صقيع •

٢ ـ المنسوب الذى يحدث عنده التكاثف :

فاذا حدث التكاثف قرب سطح الأرض أو على سطح الأرض مباشرة ، تكون الضباب والندى والصقيع ، إما اذا تكاثف بخار الماء فى طبقات الجو العليا فانه يتخذ شكل سحاب ومطر وثلج وبرد •

وفى هذا الفصل ندرس أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعليه ، وفى الفصل التالى أشكال التكاثف فى طبقات الجو العليا •



أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعلى السطح
(الضباب ، الندى ، الصقيع)

الضباب :

يتكون الضباب حينما يتكاثف بخار الماء الموجود فى الهواء بالقرب من سطح الأرض ، على شكل قطيرات مائية صغيرة جدا لا يزيد قطر كل قطيرة منها عن مائة مايكرون . ونظرا لصغر احجام تلك القطيرات فانها تظل عالقة فى الجو ، مما يقلل من مدى الرؤية ، ويشكل خطورة على سلامة حركة الطائرات ووسائل النقل البرى .

وهناك عدد من العوامل التى تساعد على تكوين الضباب نجملها فيما يلى :

١ ـ ارتفاع الرطوبة النسبية فى الهواء القريب من سطح الأرض . ولهذا يكثر حدوثه فى المناطق التى تتوفر فيها مصادر المياه كالسواحل والمناطق التى تكثر بها النباتات والمزروعات .

٢ ـ وفرة نويات التكاثف المتميعة .

٣ ـ صفاء الجو ، وقلة السحب كى ينطلق الاشعاع الأرضى أثناء الليل ويتبدد ، فيبرد سطح الأرض والهواء الملامس له مما يساعد على تكون الضباب .

٤ ـ هدوء حركة الهواء افقيا وراسيا على أن لا تتبدد برودة الهواء وتنتشر فى سمك كبير من الهواء ، فلا يتمكن الضباب من التكون .

هذا وعندما يكون الضباب كثيفا فانه يشكل عقبة فى سبيل المواصلات . ورغم استخدام الرادار الذى يساعد الطائرات على الهبوط مع انعدام الرؤية Blind Landing ، ويعاون السفن على دخول الموانى ، فان كثيرا من الحوادث يقع للطائرات والسفن . كما تكثر حوادث تصادم السيارات على مختلف الطرق فى الأيام التى يكثر فيها الضباب . ويمكن التمييز **بين الضباب** Fog الذى يحدث عندما يقل مدى الرؤية عن الف متر ، وبين **الشابورة أو الضباب الخفيف** Mist حينما يزيد مدى الرؤية عن الف متر .

أنواع الضباب :

يقسم الضباب الى أنواع حسب الظروف والعوامل التى تساعد على تكوينه ، وفيما يلى وصف لتلك الانواع :

١ ـ ضباب الاشعاع Radiation Fog :

يسمى ايضا ضباب البر أو ضباب اليابس Land or Ground Fog

تمييزا له عن الضباب الذى يتكون فوق المسطحات البحرية • وهو أكثر أنواع الضباب شيوعا • وينشأ بسبب فقدان سطح اليابس حرارته بالاشعاع ليلا ، ومن ثم يبرد الهواء الرطب القريب من سطح اليابس مكونا الضباب، ويكثر حينما تكون السماء صافية وخالية من الغيوم ، وحينما تكون الرياح هادئة ، ويتلاشى بعد شروق الشمس بساعة أو ساعتين •

ويكثر ضباب البر أو ضباب الاشعاع فى فصلى الشتاء والخريف ، وذلك فى العروض الوسطى المعتدلة والعروض العليا الباردة •

٢ ـ ضباب المـــدن Town Fog :

ينتمى ضباب المدن الى نوع ضباب الاشعاع • ويكون أكثف فى ضواحى المدينة منه فى قلبها ، لأن اضطراب الهواء وعدم استقراره وارتفاع حرارته فى وسط المـدينة يجعله أقل تشبعا ممـا يقلل من فرص تكون الضـباب • وضباب المدن الكبرى الصناعية يكون كثيفا ثقيلا مشبعا بالأتربة والشوائب والدخان ، وترتفع فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب مكونا لحامض الكبريتيك • ومثل هذا الضباب الملوث هو الذى أدى الى هلاك نحو أربعة آلاف نسمة من سكان مدينة لندن فى عام ١٩٥٢ ، ويطلق عليه هناك اسم الضباب الملوث أو الأسود أو الدخانى **Dirty Fog or Smog** وهو لا يتأثر بشروق الشمس ولا بسقوط الامطار ، ويستمر أياما متعددة ، ويسمى أحيانا بالضباب الكيميائى •

٣ ـ ضباب الانتقال الأفقى للهواء :

يعرف الضباب المتنقل Advection Fog أيضا باسم ضباب البحر Sea Fog لأنه يكثر فوق المسطحات المائية • ويتكون حينما ينتقل هـواء دافىء رطب فوق مياه باردة نسبيا ، مثلما ينتقل هواء دافىء رطب ويتحرك فوق مياه تيار بحرى بارد • فالضباب الكثيف الى يتكون حول سواحل نيوفوندلاند فى شمال شرق أمريكا الشمالية ، هو نتيجة التقاء تيار الخليج الدافىء بتيار لبرادور البارد ، ويبلغ عـدد الأيام التى يتكون فيها الضـباب الكثيف فى سواحل نيوفوندلاند ١٥٨ يوما كل سنة • ويحدث هذا أيضا فى منطقة جزر اليابان حيث يلتقى تيار كيروسيفو الدافىء مع تيار أوياسيفو البارد المياه •

وما يحدث فى شرقى القارات (أمريكا الشمالية وآسيا) يجد له شبيها فى غرب القارات فى النطاق المدارى حيث يكثر هذا النوع من الضباب على امتداد سواحل غرب افريقيا حيث يمر تيار كناريا البارد بسواحل المملكة المغربية وموريتانيا ، وغرب أمريكـا الشمالية حيث يمر تيـار كاليفورنيا البارد ، وسواحل أمريكا الجنوبية حيث يمر تيار بيرو البارد ، وسواحل جنوب غرب أفريقيا حيث يمر تيار بنجويلا البارد •

ويلعب نسيم البحر دورا فى تنشيط ضباب الانتقال الأفقى ودفعه نحو داخل اليابس ، وبوجه خاص اذا ما كانت الظروف الجوية مناسبة لتكون ضباب البر أو الضباب الاشعاعى ، ويسمى هذا الضباب بالضباب المتنقل الاشعاعى ، ومثله ضباب الشتاء فى سواحل الخليج العربى ، الذى تدفعه الرياح الشمالية نحو الداخل ، ويبلغ عدد الأيام التى يتكون فيها مثل هذا الضباب ٣٢ يوما فى الظهران ، و٢١ يوما فى أبو ظبى ٠

٤ ـ ضباب الجبهات الهوائية Frontal Fog :

يكثر حدوث هذا الضباب فى الشتاء فى مناطق العروض الوسطى والعليا على السواء ، لكن حدوثه يقتصر على نطاقات محدودة يصل عرضها الى نحو مائة أو مائة وخمسون كيلو مترا ٠ وهو ينشأ فى مقدمة الجبهة الدافئة أو حول الامتلاء فى الانخفاض الجوى ٠ ويغلب حدوثه عندما يكون الفرق كبيرا بين حرارة كل من الهواء الدافىء والهواء البارد ٠ ويعزى تكونه الى تكاثف الرطوبة من الهواء الدافىء العلوى وهبوطها الى الهواء البارد من أسفله فترتفع رطوبته النسبية وينشأ الضباب ٠

٥ ـ ضبـــاب التبخـــر :

يرجع سبب تكون ضباب التبخر Evaporation Fog الى تبخر ميـاه بحار دفيئة واقعة فى العروض المعتدلة بواسطة كتل هـوائية باردة تمر فوقها ، فيتشبع هذا الهواء البارد ببخار الماء ٠

وتحدث نفس الظاهرة فى جهـات أحر من ذلك ، لكن فى فصل الشتاء على الخصوص ، كما فى جنوب شرق الصين حيث تخرج من داخلية الصين تيارات هوائية باردة الى بحر الصين ذى المياه الدافئة فيتشبع ببخار الماء الذى يظهر فى شكل ضباب ٠ ومثل هذا يحدث أيضا فى جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية حينما تخرج تيارات هوائية باردة شتوية من الداخل وتهب فوق مياه تيار الخليج الدافئة فتتحمل بالرطوبة التى تظهر فى هيئة الضباب٠

ويتكون ضباب التبخر أيضا فوق المسطحات المائية الداخلية أيضا كما هو الحال فوق نطاق البحيرات العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية ٠

٦ ـ ضباب أضـداد الأعاصير :

عندما يرابض ارتفاع جوى فوق منطقة معينة فى فصل الشتاء ، يتكون ضباب كثيف قد يستمر أحيانا يوما كامـلا ٠ وسبب نشأة هذا النـوع من الضباب هو ركود الهواء وانخفاض الحرارة مع توفر الرطوبة ، ولا ينقشع هذا الضباب بشروق الشمس ، كما أنه قد يتكون فى أى وقت من نهار اليوم أو ليله ٠

٧ - ضبـاب التضـــاريس :

يـحدث ضبــاب التضاريس Orographic Fog أو الضـباب الطبـوغرافى Topographic Fog فى المناطق الجبلية التى تتنــاوبها الجبال والوهــاد والوديان،وهو من نوعين هما :

ضباب السفوح الجبلية وضباب الوديان :

اما ضباب السفوح الجبلية Upslope Fog :

فيتكون عندما يضطر الهواء الرطب المستقر الى صعود نطــاق جبلى حيث يتعرض للتبريد ، فيتكاثف بخـار الماء الموجود به فى شكل ضـباب يغطى المنحدرات العـالية والقمم الجبلية . ويكثر على السـفوح المواجهة لهبوب الرياح بطبيعة الحال ، وتزداد كثافته بالارتفاع نحو قمم الجبال .

ويتكون ضباب الوديان والاحواض والمنخفضات نتيجة لتراكم الهواء البارد الرطب فى قيعانها أثنــاء الليل ، وتزداد كثافته اذا كـانت الأحوال الجوية مناسبة لتكون الضباب الاشعاعى .

التوزيع الجغـرافى للضبـاب :

يتوزع تكون الضباب على سطح الكرة الارضية حســب نوعه وأسباب حدوثه . وهو يكثر وتزداد كثافته وتتعدد أيام حدوثه فى السنة فى مناطق معلومة أهمها النطاقات الساحلية فى شرقى القارات وغربها حيث تتقابل تيارات مائية باردة بأخرى دافئة . ويتراوح عـدد أيام حدوث الضباب فى تلك المناطق بين ٦٠ - ٨٠ يوما مثلما فى شمال شرق أمريكا الشمالية ، وبين ٤٠ - ٦٠ يوما مثلما فى شمال غرب أوروبا .

ويقل حدوث الضباب فى المناطق الجافة بداخلية قارات آسيا وأفريقيا واستراليا ، حيث يتراوح عدد أيام حدوث الضباب بين ٥ - ٢٠ يوما يتكون فيها الضباب فى الصباح المبكر ، وسرعان ما ينقشع عقب شروق الشمس .

مساوىء الضبــاب ومزاياه :

للضباب مساوىء معروفة على حركة النقل والمواصلات . وتشكل كثرة الضباب وكثافته عبئــا اقتصــاديا على بعض الـدول خاصة منهــا الدول الصناعية ، لأنه يتطلب انارة تستمر أحيانا طوال النهار ، وتعظم الخسائر الناجمة عن حوادث المرور بسببه سواء داخل المـدن ، أو على مختلف الطرق التى تصل بينها ، وحوادث الطيران والسفن ، هذا على الرغم من استخدام الطائرات والسفن للرادار مما قلل من تلك الحوادث .

ورغم هذا فان للضباب أهمية فى سقاية المزروعات ، اذ أن كثرة الضباب

تعوض قلة المطر • فقد تبين ان ما يستفيده النبات المزروع من مياه الضباب يوازى ما يسقط على المنطقة ذاتها من مطر مثال ذلك منطقة مرتفع تيبول Table بجمهورية جنوب أفريقيا الذى يصيبه من مياه الضباب نحو ٣٢٫٥سم وهو قدر يزيد على المعدل السنوى للامطار الساقطة فوقه • كما وأن وجود الضباب يعرقل تكون الصقيع الذى يضر المزروعات خاصة منها الخضر وأشجار الفاكهة •

النـــــدى :

الندى Dew عبارة عن قطرات مائية تشاهد فى الصباح المبكر لامعة براقة على أسطح الحشائش وأوراق النباتات والأشجار وأسوار الحدائق وزجاج النوافذ وأسطح المنازل ، وغير ذلك من الاجسام الصلبة الباردة المكشوفة والمعرضة للهواء •

ويتكون الندى نتيجة لتكاثف بخار الماء الموجود فى الهواء الملاصق للاجسام الصلبة • ويحدث ذلك عندما تنخفض حرارة تلك الاجسام بالاشاع الارضى ليلا ، وتهبط الى نقطة الندى فى الهواء الرطب الملامس لها • ويظهر الندى فى الصبح المبكر ، لكنه سرعان ما يتلاشى بالتبخر فى أعقاب شروق الشمس •

شروط تكـــون النـدى :

١ ـ صفاء الجو وخلوه من السحب اثناء الليل • اذ يعاون ذلك على سرعة تبدد الحرارة بالاشعاع الارضى ، وهبوط حرارة سطح الأرض وما عليه من الاجسام الصلبة المعدنية والزجاجية •

٢ ـ يساعد طول الليل على برودة سطح الأرض ، ومن ثم اتاحة الفرصة لوصول الهواء الملامس لسطح الارض للوصول الى نقطة الندى •

٣ ـ استقرار الهواء وهدوئه ، حتى لا تعمل سرعته على تبريد بخار الماء الموجود فى الهواء • لكن ينبغى أن يكون الهواء ساكنا تماما لان ذلك يقلل من فرص تكون الندى •

اهمية النـــدى :

ليس للندى اهمية خاصة فى المناطق الرطبة الوفيرة المياه ، لكن أهميته تظهر فى المناطق الجافة وشبه الجافة • فهو عامل مهم فى انجاح الزراعة البعلية • وقد اهتدى الى اهمية الندى والافادة منه فى سقاية المزروعات سكان المناطق الحارة الجافة وشبه الجافة منذ زمن طويل ، فابتكروا وسيلة بسيطة لاصطياد الندى وتجميعه وعرقلة تبخره ، فهم يخطون محيط الحقل أو المزرعة بسياج من الأحجار الصغيرة التى يتراكم عليها الندى ويتجمع

اثناء الليل فيما بينها من فراغات ، وقد ينساب فى جـداول دقيقة ، فيفيد منه النبات ويأخذ بعض حاجته من الماء ٠

ولقد قدر بعض الباحثين المعدل السنوى للندى فى بعض جهات ساحل فلسطين بنحو ٢٠ سم ، وفى جهات أخرى من نفس الساحل بحوالى ٦ سم، ويبلغ المعدل السنوى للندى على ساحل مصر الشمالى بما يزيد على ١٢سم، وهو مهم هنا أيضا فى امداد الزراعة البعلية ببعض ما تحتاجه من مياه ٠ والندى مهم للغاية فى انجاح زراعة البن فوق سفوح هضـبة اليمن ٠ ويبلغ المعدل السنوى للندى فى الاردن ٢ سم ٠ وقد دلت مختلف الدراسات على أن انتاج المحاصيل يزيد أحيانا الى الضعف فى السنين التى يكثر فيها الندى فى الجهات الشبه جافة التى تعتمد على الزراعة البعلية ٠

ولا تقتصر أهمية الندى على امداد النبات ببعض ما يحتاجه من ماء ، وانما تتعداها الى حمايته من عملية التبخر والنتح ، اذ ان تكاثف البخار على هيئة قطرات مائية تغطى أوراق النبات يعيق التبخر والنتح ويؤخر حدوثهما ، كما يخفض درجة حرارة الأوراق ويقلل من معدلات فقدانها عن طريق التبخر والنتح ٠

الصـــــــقيع :

تطلق كلمة صقيع **Frost** على بللـورات صغيرة من الثلج تشـاهد فى الصباح المبكر على أوراق النبات والاجسام الصلبة وعلى سطح الأرض بصفة عامة ، حيثما انخفضت درجة حرارة الجو ليلا الى درجة التجمد ، فيتحول بخار الماء العالق بالجو الى تلك البللورات الثلجية الـدقيقة ٠ والصـقيع بذلك يشبه النـدى فى أمرين : أوقات حدوثه فى الصـباح المبكر ، ومواضع تكونه على سطح الأرض وأسطح الأجـسام الصلبة والنبات ، لكنه يختلف عنه فى أن الندى قطرات مائية تحولت من الحالة الغـازية الى السيولة، أمـا الصقيع فقد يتكون من الحـالة الغازية مباشرة الى الحالة الصـلبة ، وذلك يحدث كثيرا عندما يكون انخفاض الحرارة سريعا أو فجائيا ٠

وقد أصبح من المصطلح عليه فى الدراسات المناخية اطلاق كلمة «صقيع» على كل انخفاض فى الحرارة يصـل الى الصفر المئـوى سواء صاحب ذلك تكون البللـورات الثلجية أم لا ، ويعرف الصقيع الـذى لا يصـاحبه تكون بللورات ثلجية باسم الصقيع الجاف أو الاسود تمييزا له عن الصقيع الأبيض **White Frost** الذى يقترن بتكوين بللورات ثلجية شفافة ٠ ويمكن القول ان الايام التى تنخفض فيها درجات الحرارة انخفاضا سريعا وتهبط الى الصفر تحسب من أيام الصقيع ،حتى ولو لم يؤد هذا الانخفاض الى تكوين بللورات من الثـلج ٠

والصقيع من ظواهر الجو الخطرة على النبات ، فهو يسبب كثيرا من الخسائر الزراعية فى المناطق المعتدلة والباردة خاصة حينما يكون حادا ، وكثيرا ما نسمع فى شتاء مصر عن تأثر الخضر والفواكه بالصقيع ، ويلجأ أصحاب حدائق الاشجار المثمرة الى اشعال مواقد خاصة بين الأشجار لتدفئتها ، اضافة الى أن الدخان المنبعث منها يعرقل تبدد الاشعاع الحرارى الأرضى ، ويحفظ لسطح الأرض حرارته حتى لا تنخفض الى الصفر وما دونه .

وينتشر تكون الصقيع فى المناطق المعتدلة فى فصل الشتاء ، ويحدث احيانا فى فصلى الربيع والخريف . أما فى الاقاليم الباردة فانه يتكون أيضا فى فصل الصيف . وصقيع الربيع أشد خطرا على المزروعات فى المناطق المعتدلة من صقيع الشتاء والخريف ،لأنها تأخذ فى النمو والازهار فى الربيع ، فاذا تكون فوقها الصقيع الأبيض أو الجاف (انخفاض الحرارة الى الصفر) فانه يوقف نموها وربما يهلكها .

هذا ومن الممكن التمييز بين نوعين من الصقيع هما :

صقيع الاشعاع ، وصقيع الريح :

ويحدث **صقيع الاشعاع** فى الصباح (مثل الندى) ، ويغلب على حدوثه الطابع المحلى ، فهو لا يعد من الظواهر المناخية الواسعة الانتشار ، ويساعد على تكونه صفاء الجو وهدوء الرياح **وحدوث انقلاب حرارى قوى** ، بحيث يصل الفرق فى درجة حرارة مستوى سطح الأرض ومستوى ارتفاع ١٦ مترا الى سبع درجات مئوية .

ويساعد حدوث **صقيع الاشعاع** فى مناطق معلومة ظروف محلية تتوفر محليا فى بعض الأماكن دون غيرها منها قيعان الوديان والمنخفضات كما أن رطوبة التربة تعيق تكونه بينما تساعد التربات شبه الجافة على حدوثه ، ويتكرر حدوثه أيضا فى التربات الرملية أكثر من التربات الطينية ، وفى الأخيرة يزداد حينما تكون مفككة بالجفاف أو الحرث ، لان ذلك يساعد على فقدان الحرارة منها بالاشعاع بسرعة .

أما صقيع الريح فيتكون حينما يتعرض سطح الأرض لهبوب كتل هوائية باردة تؤثر فى الحرارة وتهبط بها الى درجة الصفر ، ويحدث هذا فى أى وقت من اليوم ، فلا يقترن حدوثه فى ساعات الصباح المبكر كصقيع الاشعاع ، كما أنه واسع الانتشار بسبب عظم المساحات التى تهب عليها الكتل الهوائية الباردة وتؤثر فيها .

الفصل العاشر

الســـحاب والتســـاقط

- الســـــحاب :

تعريفه ، كيفية تكوينه ، خصائصه ، اهميته .

- قيـــاس التغيم :

كيفية القيـــاس .

- انــواع الســـحاب :

١ - السحاب المرتفع : السمحاق، السمحاق الطبقى، السمحاق الركامى.

٢ - السحاب المتوسط الارتفاع : الطبقى المتوسط الارتفاع ، الركامى المتوسط الارتفاع .

٣ - السحاب المنخفض : السحاب الركامى ، سحاب المزن الركامى ، السحاب الطبقى ، السحاب الركامى الطبقى .

- التســـــاقط :

العلاقة بين التساقط والسحاب .

- المطـــــــر :

أهميته ، قياس المطر ، خطوط المطر المتساوى ، كيفية تكون قطرات المطر ، أنواع المطر ، التوزيع الجغرافى لكميات المطر ، العوامل المتحكمة فى كميات الأمطار الساقطة . اقاليم توزيع المطر ، نظم المطر .

- خرائـط الطقس :

جمع بيانــاتها ، كيفية رسمها ، كيفية توضـيح الرياح واتجــاهاتها وسرعاتها ، وكيفية توضيح مختلف انواع التساقط .

- الثـــلج :

خصائصه ، خط الثلج الدائم ، الآثار الايجابية والسلبية للثلوج .

السحـــاب والتســاقط

درسنا فى الفصل السابق أشكال التكاثف التى تحدث قرب سطح الأرض أو عليه مباشرة ، وهى الضباب والندى والصقيع • ونخصص هذا الفصل لدراسة أشكال التكاثف فى طبقات الجو العالية وهى **السحاب • والتساقط الذى نعنى به المطر والثلج والبرد •**

السحـــاب :

يمثل مظهرا أو شكلا من أشكال تكاثف بخار الماء فى طبقات الجو العالية • وهو فى الحقيقة ضباب كثيف ، لكن موضعه يكون عاليا بعيدا عن سطح الأرض •

كيفية تكوين السحاب :

يتكون السحاب نتيجة لصعود الهواء الرطب الى طبقات الجو العالية ، حيث يتكاثف قسم من بخار الماء الموجود فيه ، ويظل عالقا بالجو • ويصعد الهواء الى أعلى بسبب **تيارات الحمل** التى تتباين فى سرعة صعودها التى قد تصل الى أكثر من أربعين مترا فى الثانية • وتيارات الحمل مهمة فى تكوين السحاب الركامى Cumulus ، ويظهر أثرها فى هيئة بقع غنية ببخار الماء ، وفيها يعظم التكاثف • ويؤدى وجود الجبال واعتراضها لسير الرياح الى صعود الهواء ، ويدعى هذا بالصعود التضاريسى أو الأوروجرافى •

خصائص السحاب :

يتألف السحاب من قطيرات صغيرة من الماء أو من بللورات الثلج أو من كليهما معا • وينمو السحاب رأسيا الى أعلى ، ويتخذ مظهرا منفوشا حينما يكون صعود الهواء الرطب سريعا ، أما اذا كان صعود الهواء الرطب بطيئا فان السحاب المتكون يتشكل فى هيئة طبقات بعضها فوق بعض • وقد ينتشر رأسيا فى هيئة طبقة متصلة حينما يكون سبب تكوينه ارتفاع طبقة كاملة من الهواء الرطب ارتفاعا تدريجيا • ويتوقف مدى ارتفاع قاعدة السحاب على المستوى الذى يحدث عنده التكاثف فى الهواء الصاعد ، ويعرف بمستوى التكـــاثف •

أهمية السحاب :

ينظم السحاب نفاذ أشعة الشمس الى سطح الأرض ، ويحدد مقدار

ما ينفذ من الاشعـاع الحرارى الأرضى الى الطبقـات العليا من الجـو ، والسحاب هو المصدر المباشر للتساقط سواء كان مطرا أو ثلجا أو بردا .

وللسحاب اثر مهم فى حياة النبات والحيوان والانسان ، فكثرة احتجاب الشمس بواسطة السـحاب معظم السنة يؤدى الى الاصابة ببعض الأمراض كمرض لين العظام عند الأطفال فى شمال ووسط أوروبا كما يؤدى الى اطالة فصل النمو عند النبات .

قيـــاس التغيم :

يقاس مدى تغطية السـماء بالسحاب أو الغيوم عن طريق تقسيم القبة السماوية بالمشاهدة الى عشرة أقسام متساوية المساحة . ويتم تقدير عـدد الأقسام التى يغطيها السحاب على وجه التقريب .

- فاذا كانت السماء مغطاة بنسبة العشر يقال انها صافية Clear .
- واذا كانت مغطاة بالعشر الى خمسة أعشار قيل انها مغطاة بسحاب مبعثر Scattered .
- واذا غطيت بنسبة خمسة أعشار الى تسعة أعشار قيل انهـا مغطاة بسحاب متقطع Broken .
- وحينما يكون التغيم كاملا يقال ان السماء مبلدة بالسحاب Over Cast

وهناك اجهزة خاصة لتسجيل مدة سطوع الشمس وكذلك مدة احتجابه أثنـاء اليوم .

أنـــواع السحـــــاب :

اصطلح رجال الرصد الجوى على تصنيف السحب الى ثلاث مجموعات رئيسية تبعا لمدى ارتفاعها عن سطح الأرض . وتضم كل مجموعة منها عددا من الأنواع التى تختلف فى شكلها وخصائصها وطبيعة تكوينها . وفيما يلى وصف موجز لكل نوع من الأنواع المهمة التى تضمها كل مجموعة .

السحـــــاب المرتفـــع :

ويشمل هذا النـوع سحب السمحاق والسمحـاق الطبقى ، والسمحاق الركامى ، وتتكون جميعا على ارتفاعات تزيد على سبعة كيلو مترات من سطح الأرض .

السمحـــــاق Cirrus :

يتكون هذا السحاب فى طبقات الجو العليا ، ويعرف أحيانا باسم القزع، وهو سحاب رقيق يشـبه فى شكله القطن المندوف أو زغب الريش ، ولونه

أبيض ناصع . ويتكاثف بخار الماء فيه على شكل بللورات ثلجية . وهو اكثر أنواع السحب ارتفاعا عن سطح الأرض .

السمحـــاق الطبقى Cirro Startus :

وهو سحاب رقيق فى بياض اللبن ، يتألف من بللورات ثلجية صغيرة ، ويظهر فى شكل طبقة رقيقة متصـلة تغطى السماء جميعا أو قسـما عظيما منها . وطبقة سحاب السمحاق من الرقة بحيث لا تحجب الشمس أو القمر ، ويظهر كل منهما خلفه محاطا بهالة من الضوء . ويشـير ظهور السمحاق الطبقى باقتراب حدوث عاصفة وسقوط أمطار .

السمحـاق الركـامى Cirro-Cumulus :

يتألف هذا السحاب من بللورات ثلجية كروية الشكل او شرائح ثلجية بيضاء اللون ناصعة . ولا يكون لهـذا النوع ظل على الأرض بسـبب عظم ارتفاعه وبياض لونه . وقد يصطف السمحـاق الركـامى فى هيئة خطوط أو أمواج متراصة متجاورة .

السحـاب المتـوسط الارتفـاع :

وهو السحاب الذى يتكـون على ارتفاعات تتراوح بـين كيلو مترين وسبعة كيلو مترات . وتتألف من بللورات ثلجية وقطيرات من الماء . وتشمل السحاب الطبقى المتوسط الارتفاع ، والسحاب الركامى المتوسط الارتفاع .

الطبقى المتوسط الارتفاع Alto-Stratus :

وهو سحاب يتكون من طبقات متجانسة ، ذات لون رمادى أو ضارب للزرقة . وكثيرا ما يغطى السماء بكاملها ، وقـد تكون طبقاته من الكثافة بحيث تحجب الشمس أو القمر ، أو يظهران من خلفهما بصعوبة وحينئذ قد يحيط بكل منهما هالة من الضوء تتداخل فيها الوان الطيف .

ويقترن بهذا النوع من السحاب سقوط المطر أو الثلج .

الركـامى المتوسط الارتفاع Alto- Cumulus :

ويظهر هذا السحاب فى شكل كتل منفصلة ، ويشبه مظهرها الخارجى رأس القرنبيط . ويختلف عن السمحـاق الركامى فى أن كتلته تبـدو اكبر حجما ، وكثيرا ما يكون لها ظل على الأرض ، وأسفل هذا السحاب يكون ذا لون داكن ، ويشير ظهوره الى قرب تغير سىء فى أحوال الجو .

السحـــاب المنخفض :

وهو السحاب الذى يقل مسـتواه عن كيلو مترين ، وتشـمل السحاب الطبقى والركامى ، والمزن الركامى والركام الطبقى .

السحـــاب الركـــامى Cumulus :

يتكون هذا النوع من السحاب نتيجة لتيارات الحمل الهوائية الصاعدة، وهو سحاب سميك وكثيف ويشبه فى شكله الصوف المنفوش ويقترن ظهوره بالجو الصحو ، لكن قد يترتب عليها حدوث رخات من المطر ·

سحـــاب المزن الركامى Cumulo-Nimbus :

ينشأ أيضا بسبب التيارات الهوائية الصاعدة ، ويبدو بشكل كتل ضخمة شامخة ومتراكمة ، حتى ليبدو بهيئة أبراج أو جبال ضخمة ، ويسقط منه رخات من المطر الغزير الذى ترافقه رياح قوية ، وقد يصاحب ذلك عواصف برق ورعـــد ·

السحـــاب الطبقى Stratus :

وهو يبـــدو فى شكل طبقة منتظمة الشكل تشبه الضباب لكنها تعلو عن سطح الأرض بنحو كيلو مترين · ويتكون عنـــد مرور الجبهـــات الدافئة للانخفاضات الجوية ، أو نتيجة لارتفاع الهواء الرطب ارتفاعا تـــدريجيا بطيئا ، أو قد ينشأ بسبب ارتفـــاع طبقة الضباب الارضى بعيـــدا عن سطح الأرض بفعل أشعة الشمس ، وقد يصاحبه سقوط مطر خفيف ·

السحاب الركامى الطبقى Strato-Cumulus :

ويظهر فى هيئة طبقة مكـــونة من كتل كروية الشكل أو أسطـــوانية ، ولونها رمادى ، وتغطى قسما كبيرا من السماء ، وقد يصاحبها سقوط المطر·

التســـــــــــاقط :

العلاقة بين التساقط والسحاب :

المقصود بالتساقط Precipitation ، كما سبق أن أوضحنا ، كل ما يسقط على سطح الأرض من **مطر وثلج وبرد** · وتتضمن البيـــانات التى تصدرها محطات الأرصاد الجوية كل ما يســـقط من بخار ماء متكاثف بهـــذه الصور الثـــلاث ·

ومن المعروف أن الســـحاب ليس كله ماطرا ، فبعضه يظهر ويختفى دون حدوث أى نوع من التســـاقط ، ذلك أن التساقط تحكمه عـــدة عوامل تختص بالسحاب ذاته · منها طبيعة التكوين ومدى الارتفاع ، وكمية بخار الماء المتوفرة ، ومدى وفرة نويات التكاثف المائى والثلجى ·

ويأخذ التكاثف فى السحاب شكلين أساسين هما :

١ ـ قطيرات مـاء دقيقة الحجم ، تؤلف الشكل الشائع فى السـحاب الدافىء والمنخفض . أما فى السحاب المتوسط والمرتفع ، فقد تنخفض حرارة قطيرات الماء الى أقل من درجة التجمد لكنها تبقى سائلة ، وذلك يحدث حينما تكون نويات التكاثف الثلجية فى السحاب قليلة .

٢ ـ بللورات ثلجية فى السحاب البارد والمرتفع .

ويتكاثف بخار الماء الموجود فى السحاب حول شكلين من نويات التكاثف همـــــا :

١ ـ نويات تكاثف مائية :

وهى النويات العادية التى يتكاثف بخار الماء حولها فى شكل قطيرات صغيرة ، وهى متوفرة فى كل أنواع السحاب .

٢ ـ نويات تكاثف ثلجية :

يعتقد أن المصدر الأساسى لنويات التكاثف الثلجية هو ذرات ناعمة من معدن الكاولينايت Kaolinite الـذى يدخل فى تكوين الطين والصـلصال اضافة الى ذرات الرماد البركانى .

ويتكاثف بخار الماء حولها فى شكل بللورات ثلجية . ونسبتها فى السحاب أقل بكثير من نويات التكاثف المـائية ، لكنها تزداد كلما انخفضت درجة الحـــرارة .

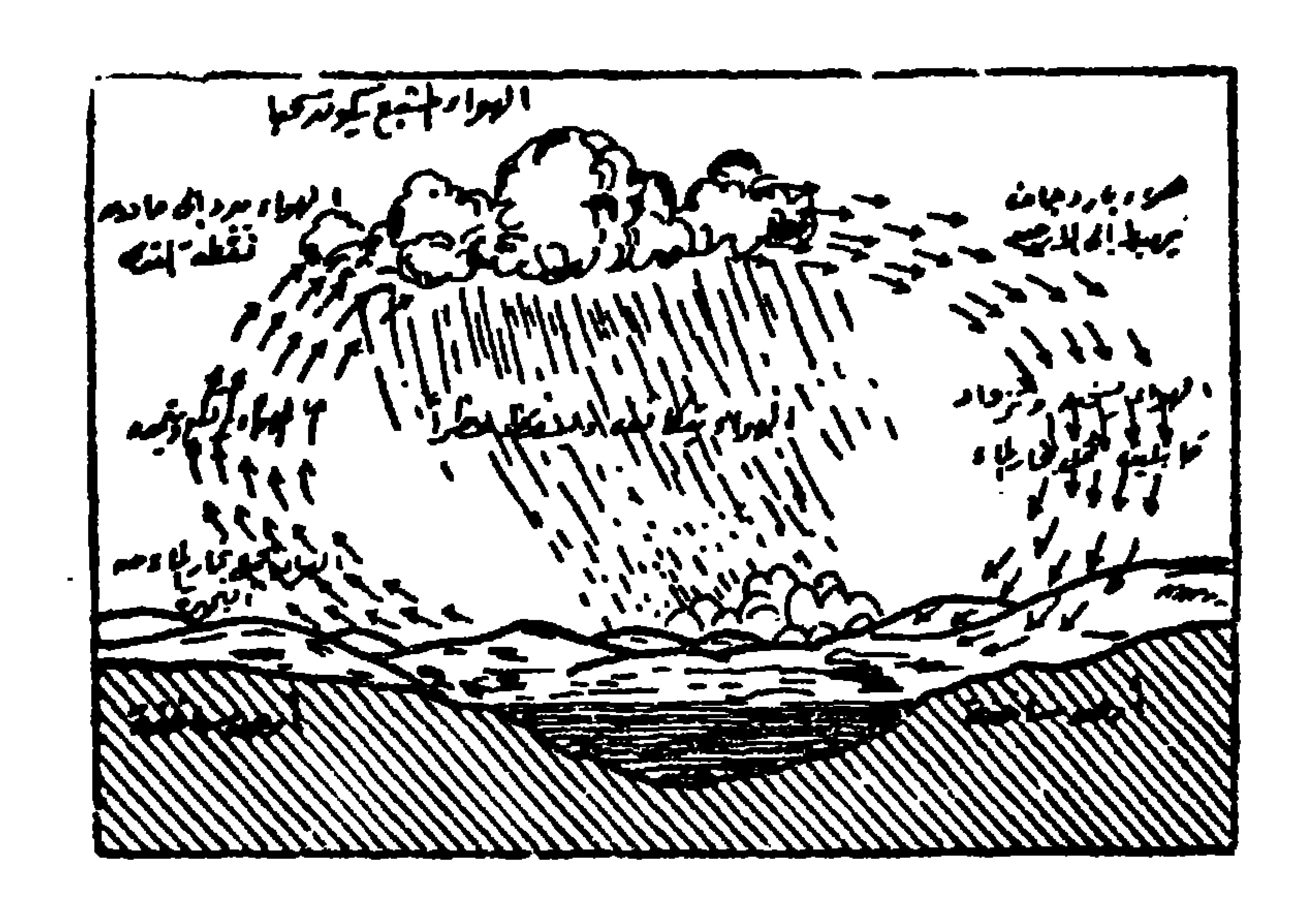
المطـــــــــر :

يعتبر المطر من أهم المظاهر التى يتحول اليها بخار المـاء من الحالة الغازية الى الحالة السائلة فى طبقات الجو العليا .

وللمطر أهمية عظيمة : فمنه نستمد الميـاه العذبة اللازمة لحيـاتنا ، وينساب جزء منه على سطح الأرض فيكـون الأنهار التى تصـب ماءها فى البحار والمحيطـات ، وجزء آخر يتسرب فى القشرة الأرضية مكـونا مياها أرضية تتفجر فى هيئة عيون وآبار ، وجزء يتبخر فيصعد ثانية الى الجو شـكل رقم (٦٩) .

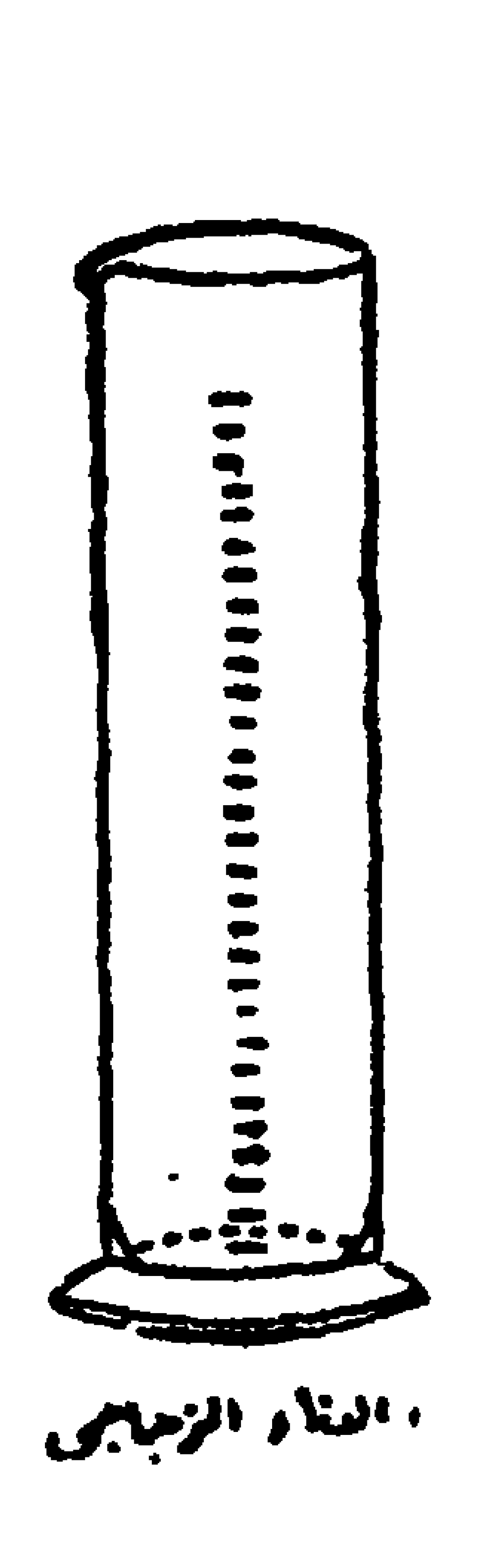
قيـــاس المطـــر :

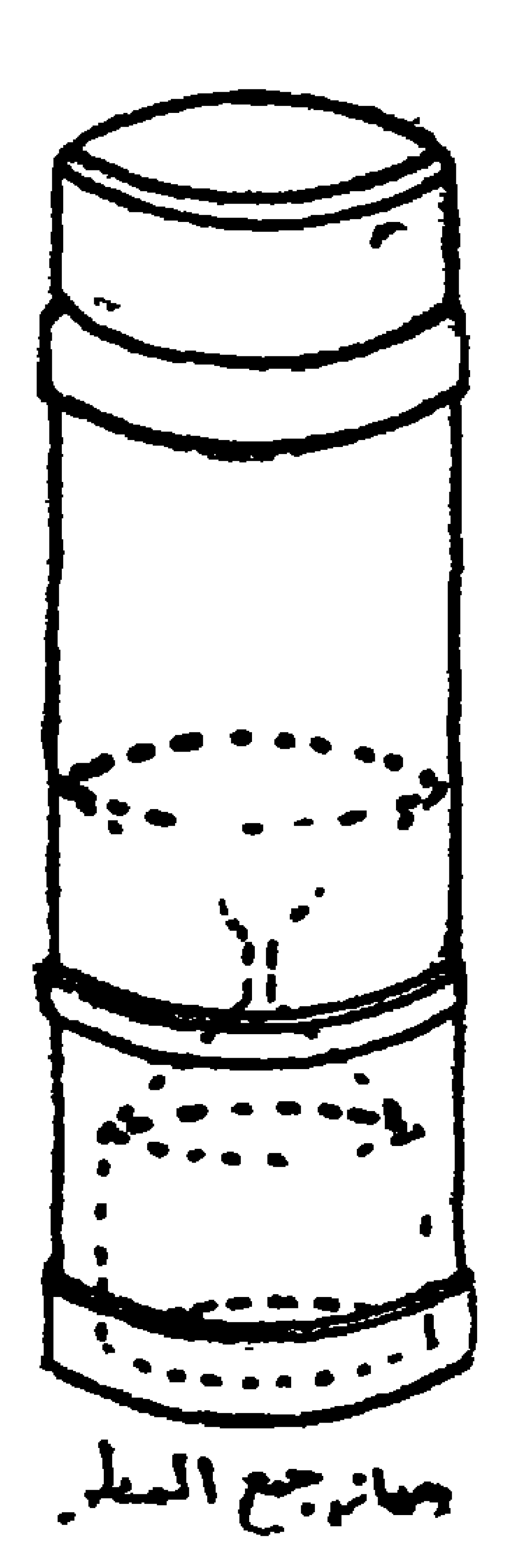
تقاس كمية المطر بواسطة مقياس خـاص يتكون من اناءين أحـدهما معدنى يتجمع فيه المطر ، والآخر زجاجى مقسم الى سنتيمترات تقاس به كمية المطر المتجمعة فى الاناء المعدنى .



شكل رقم (٦٩) دورة المطر

ويتكون الجهاز المعدنى كما فى شكل رقم (٧٠) من :





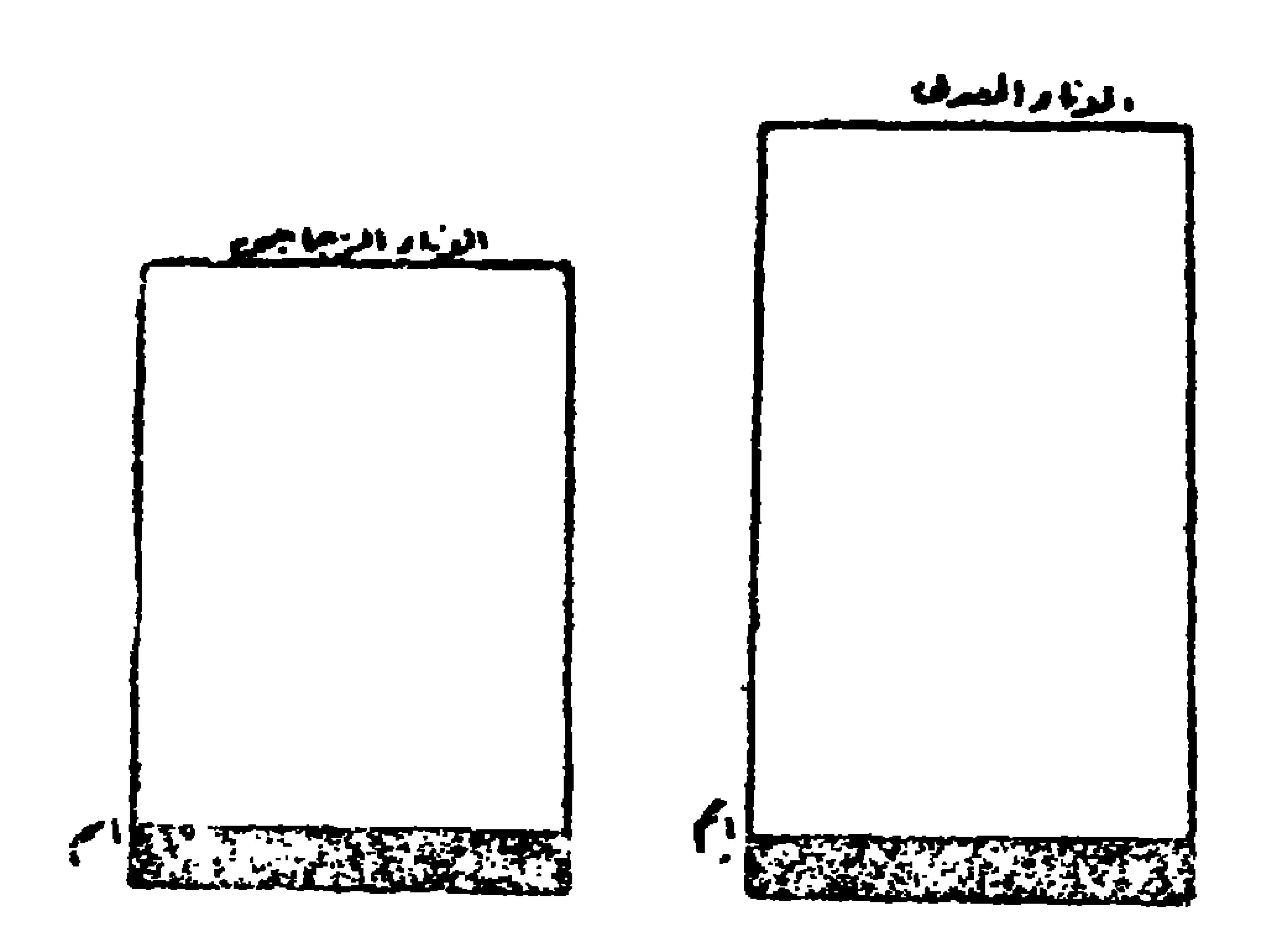
شكل رقم (٧٠) مقياس المطر

١ ـ جزء أعلى له فتحة مستديرة يدخل عن طريقها المطر ، وفى نهاية هذا الجزء قمــع ٠

٢ ـ جزء أسفل يمثل قاعدة لاناء آخر ذى فوهة ضيقة يتلقى الماء الذى ينزل من القمع ٠

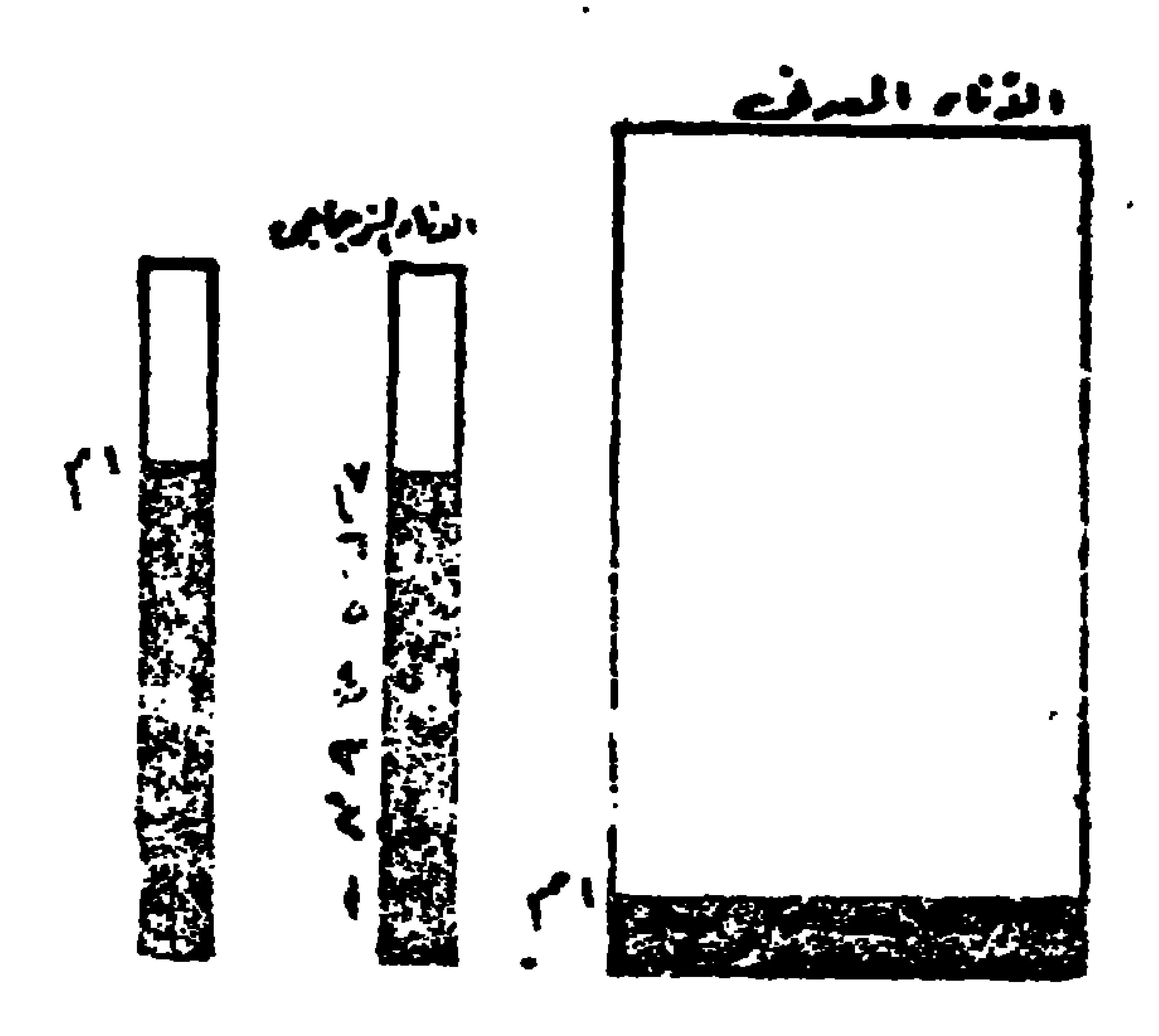
وتراعى النسبة بين مساحة فوهة الاناء المعدنى وبين مساحة قاعدة الاناء الزجاجى ، فاذا كانتا متساويتين يكون حجم المطر الساقط فى الاناء المعدنى مساويا لحجمه فى الاناء الزجاجى شكل رقم (٧١) أما اذا كانت مساحة فوهة الاناء المعدنى ضعف مساحة قاعدة الاناء الزجاجى ، وكان ارتفاع المطر فى الاناء المعدنى ١ ملليمترا ، فانه اذا وضع فى الاناء الزجاجى سيكون ارتفاعه ٢ ملليمترا ،وعلى ذلك يدرج الإناء الزجاجى بحيث تظل القراءة ١ ملليمترا لان كمية المطر المتجمعة فى الانــاء المعدنى لم تتغــير ، أى أن كل ارتفاع مقداره ٢ ملليمترا فى الاناء الزجاجى يدل على أن كمية المطر الساقطة هى ١ ملليمترا فقط ٠ وكلما كبرت النسبة بين فوهة الاناء المعدنى وقاعدة الاناء الزجاجى كلما كان المقياس دقيقا شكل رقم (٧٢) ٠

وعلى أساس قياس كمية المطر يمكن أن نحصل على معـدلات شهرية وسنوية للكمية التى تسقط فى مختلف الاقاليم ، كما يمكننا أن نرسم خطوطا تصل بين الأماكن التى تتساوى فيها كمية الأمطار ، ويطلق عليها اسم :



شـكل رقم (٧١)

مساحة فوهة الاناء المعدنى مساوية لمساحة قاعدة الإناء الزجاجى



شـكل رقم (٧٢)

كلما كبرت النسبة بين فوهة الاناء المعدنى وقاعدة الاناء الزجاجى أمكن تقدير كمية المطر بكل دقة مهما صغرت

خطوط المطر المتسـاوى :

وهى كما قلنا ، خطوط ترسم فى خرائط تسمى باسمها ، وتصل بين الأماكن التى تتساوى فيها كميات المطر الساقطة . وخرائط خطوط المطر قد تكون شهرية أو فصلية أو سنوية .

وتختلف هذه الخطوط عن خطوط الحرارة المتساوية أو خطوط الضغط المتساوى ، اذ أنه عند رسمها لا تحتاج الى تعـديل الأرقام بالنسـبة لسطح البحر ، بل توضع على الخريطة كما هى بدون تعديل .

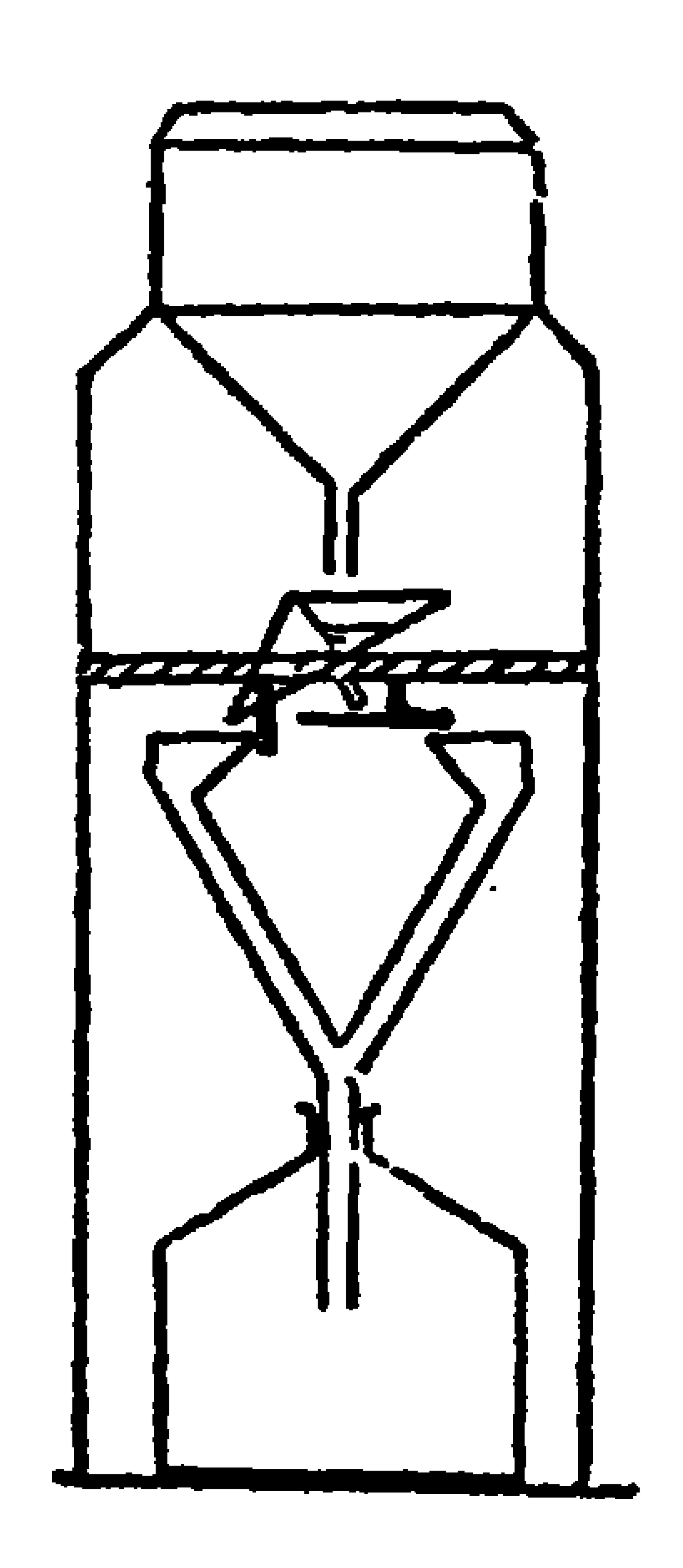
كيفية تكـون قطرات المطر :

رأينا كيف أن السحاب ما هو الا كتل محتشدة متجمعة من بخار الماء تبقى معلقة فى الجو ، سابحة فيه حـين تسوقها الرياح . وبعـدما تتكون قطيرات الماء الصغيرة تأخذ فى النمو ، وطالما بقيت صغـيرة خفيفة الوزن بحيث يتمكن الهواء من حملها ، فانها تبقى عالقة ولا تتعرض للسقوط على سطح الأرض .

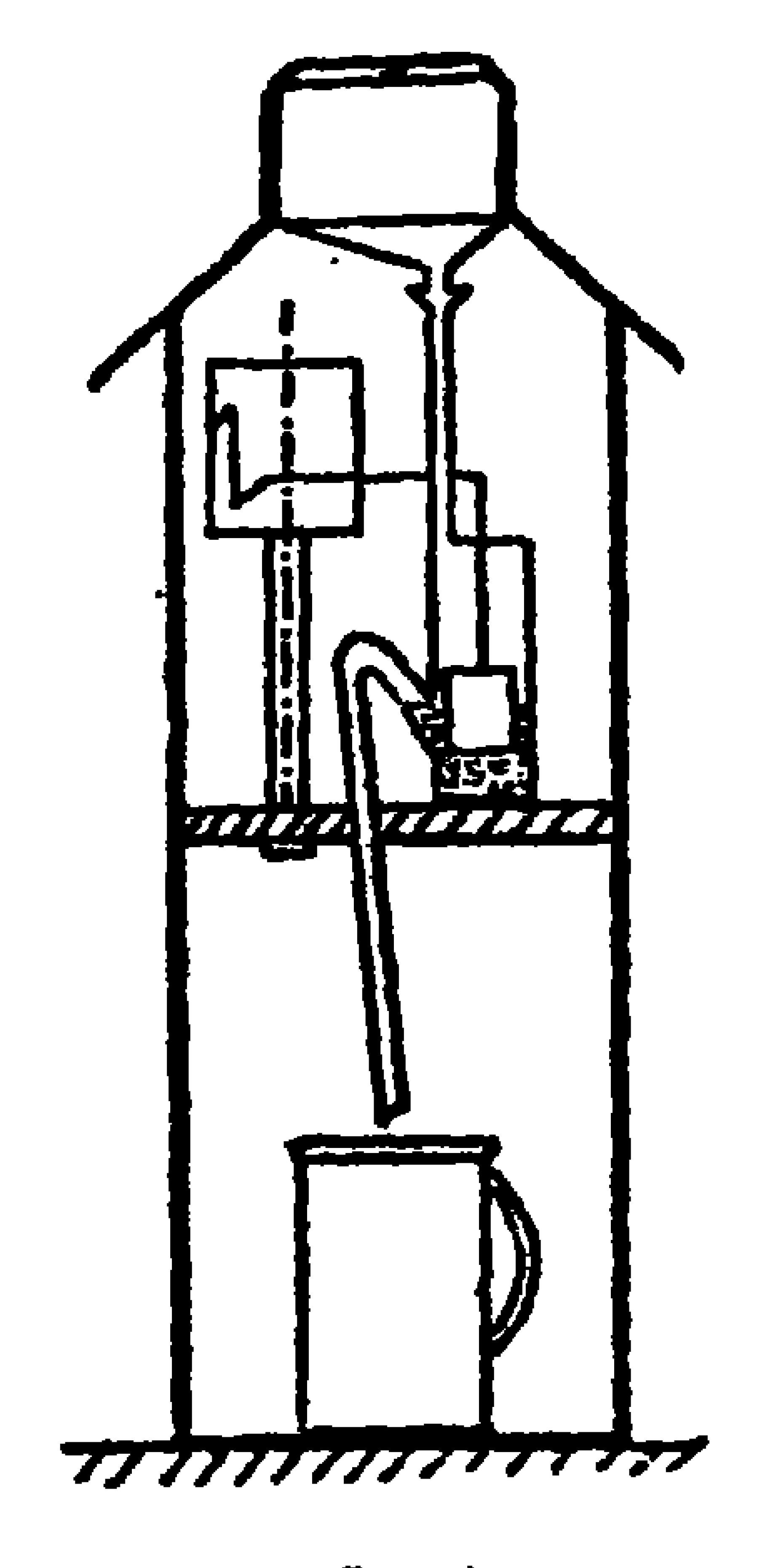
ويتراوح قطر قطيرات الماء بالسحاب بين ١٠ ـ ١٥ مايكرون ، وهذا حجم لا يسمح لها بالهبوط . ومع هـذا فلو افترضنا أن قطـيرة قطرها ١٠ ميكرون سقطت من سحابة ارتفاعها الف متر ، فان رحلة هبوطها الى

سطح الأرض ، ولو قدر لها أن تتم ، تستغرق نحو ١٥٠ ساعة • وبالمقارنة يقدر لرحلة سقوط قطيرة قطرها ٥٠٠ مايكرون (نصف ملليمتر) أقل من عشر دقائق فقط • **وحينما يزيد حجم قطيرات الماء الساقطة عن ٥٠٠ مايكرون يسمى مطرا ، أما المطر الخفيف فهو** الذى يقل قطر حبيباته عن ٥٠٠ مايكرون ويعرف حينئذ باسم رذاذ **Drizzle** •

وتنمو قطيرات الماء فى السحب العالية عن طريق اختلاطها بقطيرات الماء الشديدة البرودة وبالبللورات الثلجية • وتخدم الأخيرة كنويات تكاثف صلبة يتكاثف حولها بخار الماء ، فتنمو وتكبر حتى تصل حدا معينا ، لا تقوى معها تيارات الحمل فى السحاب على رفعها واستبقائها ، فتهبط الى أسفل ، وتنصهر أثناء هبوطها ، فتصل سطح الأرض فى شكل أمطار •



شكل رقم (٧٣)
مقياس المطر ذو المدلاء



شكل رقم (٧٤)
مقياس المطر الآلى (جهاز هيلمان)

أما فى السحاب الدافىء والمنخفض كما فى الجهات المدارية التى لا يزيد ارتفاع قاعدته عن الف متر ، ولا تقل درجة حرارته عن خمس درجات مئوية ،فان نمو قطيرات الماء ياتى عن طريق اصطدامها والتحامها ببعضها ، ومن ثم كبر حجمها • ذلك أن اختلاف أحجامها منذ البداية يجعلها تختلف فى سرعات سقوطها ، ومن ثم تلتقى عند السقوط وتتلاحم فتنمو قطيرات الماء كى تصير الى حبيبات المطر الذى يمر بمرحلتين الأولى عن طريق التكاثف العادى ، ثم بعد ذلك عن طريق التصادم والالتقاء والالتحام •

أنــواع المطـــر :

يسقط المطر بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الرطب فى طبقات الجو العليا الى ما دون درجة النـدى ، وتكاثفه مكونا للسحـاب الذى تتحول مكوناته الى حبـات مطر حينما تكـون الظروف التى سبق أن أوضحناها مـــواتية .

ويمكن التعرف على **ثلاثة أنــواع من المطر** ، تختلف عن بعضـها تبعا لاختلاف العامل الـذى يؤدى الى رفع الهـواء الرطب الى أعلى ، وتشكيل السحب ثم سقوط الأمطار . ومع هذا ينبغى أن نؤكد أن الأمطار فى أى مكان لا تحدث نتيجة لعامل واحد ، بل لتضافر عدة عوامل لسقوطها ، وان كان احدها يبدو ظاهرا .

والأنواع الثـلاثة هى :

١ ـ الأمطار الانقلابية أو الأمطار الحملية أو أمطار التيارات الهوائية الصاعدة **Convectional Rainfall** .

٢ ـ الأمطـــار الأوروجرافية أو أمطـــار التضـــاريس **Orographic or Relief Rainfall**.

٣ ـ الأمطـــار الاعصارية أو أمطار الجبهــات الهوائية **Cyclonis or Frontal Rainfall**.

الأمطــار الانقــلابية :

المطر الانقلابى أو مطر التيارات الصاعدة هو المطر الناتج عن صعود الهواء الرطب الى طبقات الجو العليا ، كما فى مناطق الرهو الاستوائية ، حيث تشتد الحرارة ، وتتصاعد التيارات الهوائية الى طبقات الجو العليا فتبرد ، ويتكاثف ما بها من بخار الماء ، فيسقط المطر على نحو ما أسلفنا .

وتتوقف غزارة المطر الانقلابى على عاملين هما :

١ ـ كمية بخار الماء التى يحملها الهواء الصاعد .

٢ ـ درجة حرارة الطبقات العليا من الهواء التى توجد بها السحب الماطرة .

ويكثر هذا النوع فى المناطق الاستوائية والمدارية الرطبة ، حيث يسقط بصورة منتظمة فى جميع فصول السنة فى المناطق الاستوائية وفى بعضها فى

الجهات المدارية . ويحدث التصاعد الهوائى فى أثناء النهار الحار،ويتساقط المطر ابتداء من المساء .

والسحاب المصاحب لهذا النوع من الأمطار هو الركامى أو المزن الركامى . ويتصف المطر بالغزارة والانهمار فى هيئة وابل ، ولهذا فهو يضر المحاصيل ، كما أن الجريان السطحى الغزير قد يجرف التربة ويؤدى الى تعريتها .

وترتبط الأمطار الانقلابية التى تحدث فى العروض الوسطى بالفصل الحار من السنة ، حيث يسخن اليابس بشدة ، ويصعد الهواء الملامس له الى طبقات الجو العليا ، حيث يتعرض للبرودة والتكاثف،وتنتفع النباتات الصيفية فى تلك الجهات بالأمطار الانقلابية خصوصا حينما تكون كثيرة .

أمطار التضاريس :

هى الأمطار التى يسببها اعتراض الجبال والهضاب والتلال العالية للرياح المحملة ببخار الماء ، فتضطر الرياح الى الصعود على سفوحها ، فتنخفض درجة حرارتها وتبرد ، وتتكون فيها السحب التى يحدث فى أبخرتها وقطيراتها التكاثف والنمو فتسقط مطرا . ونرى هذا واضحا فى أمطار الجهات الموسمية ، والأمطار التى تسببها الرياح المنتظمة .

وتكون المنحدرات الجبلية المواجهة لهبوب الرياح أكثر مطرا من المنحدرات المظاهرة لها . وتسمى السفوح الجافة التى لا يسقط عليها المطر بمنطقة ظل المطر **Rain Shadow** ويزداد المطر فى كميته كلما زاد الارتفاع، حتى يصل الى مستوى معين يأخذ بعده فى النقصان . ويختلف هذا المستوى من جهة لأخرى تبعا لعدد من العوامل أهمها مقدار بخار الماء الذى تحمله الرياح ، وسرعة الرياح ، ومدى عرض أو اتساع الجبال ومقدار ارتفاعها ، ومعدل انخفاض الحرارة بالارتفاع . ويتراوح هذا المستوى بين ١٥٠٠ — ٣٠٠٠ مترا . وهو منخفض فى الجهات المدارية ومرتفع فى الجهات المعتدلة والباردة .

والسبب الرئيسى فى انخفاض المستوى الذى عنده تبدأ الأمطار فى النقصان فى الجهات المدارية ، أن السحب المدارية المطرة هى سحب ركامية فى الأغلب الأعم،وهى سحب منخفضة لا يزيد ارتفاع أعاليها عن ٣٠٠٠متر. وبالتالى فان مستوى أسافلها حيث تتركز الأمطار يقع دون هذا المستوى بكثير.بينما نجد السحب فى المناطق المعتدلة والباردة سحب طبقية مرتفعة، ولهذا فان الأمطار هنا تستمر فى الزيادة بالارتفاع ويصبح المستوى الذى عنده تبدأ الأمطار فى النقصان عاليا .

ويكثر مطر هذا النوع التضاريسى فى كل الأقـاليم الجبلية مثل جبال اسكنديناوه فى شمال غرب أوروبا ، وجبال الألب الأوروبية ، وجبال شبه جزيرة الهند ، خاصة الجهـات الغربية والسفوح الجنوبية لسلاسل جبال الهيمالايا ، ومرتفعات الانديز فى غرب أمريكا الجنوبية ، وسلاسل جبال الروكى فى غرب أمريكا الشمالية .

ويزداد المطر التضاريسى كثافة حينما تهب الرياح عمـودية على تلك السلاسل الجبلية ، حيث يصبح تاثـيرها فى سقوط المطر عظيما . أما اذا هبت الرياح موازية للسلاسل الجبلية فان تاثير الجبال فى اسقاط المطر يكون محـدودا .

هذا وينبغى أن نشير الى أن زيادة الأمطار على سفوح الجبال لا ترجع لمجرد اصطدامها بتلك الجبال فحسب ، وانما تشارك عوامل اخرى تعاون فى زيادة كمية الأمطار أهمها : أن اصطدام الرياح بالجبال يعيق حركتها الأفقية فتتجمع أهويتها فى الوديان والأحواض الجبلية مما يؤدى الى اثارتها وعدم استقرارها ، ويساعد هذا الوضع على نشـاط تيارات الحمل وزيادة حدتها وقدرتها ، أضف الى ذلك أن اعتراض الجبال للجبهات والمنخفضات الجوية يؤخر مسيرتها ويقلل سرعتها ، وهذا من شـأنه اطالة المـدة التى تتعرض فيها الجبال لسقوط الأمطار .

الأمطـار الاعصـارية :

وهى أمطار نطاق هبـوب الرياح العكسية الـذى تكثر به المنخفضات الجوية التى تسمى الأعاصير ، ومن أمثلتها أمطـار غرب أوروبا وأمطار اقليم البحر المتوسط الشتوية .

ويتسبب فى سقوط هذا النوع من المطر مرور الاعاصير أو المنخفضات الجوية ، اذ يحدث أن يجذب الاعصار تيارين هوائيين مختلفى المصدر من حيث الحرارة ، كأن يأتى تيار هوائى من الشمال البارد ، وتيار هوائى آخر من الجنوب الحار أو الدافىء ، وحينما يتقابلان تحدث عملية تصعيد للهواء الدافىء ، لأنه الأخف وزنا ، وحينما يعلو فانه يبرد ، ويتكاثف ما به من بخار ماء ، فيسـقط مطرا . ويكثر المطر بالطبع حينما يكون الهـواء غزير الرطـوبة .

ويسقط المطر الاعصارى عند مرور الجبهتين الـدافئة والباردة . لكن الأمطار التى تصاحب وصول الجبهة الدافئة تكون خفيفة ، وتستمر بضع ساعات قد تصل الى ١٢ ساعة . وعندما تصل الجبهة الباردة ، يبدأ المطر

فى الانهمار غزيرا ، وتصاحبه عواصف رعد وبرق ٠ وأمطـار الأعاصير أو المنخفضات الجوية هى الشائعة فى العروض الوسطى أو العروض المعتدلة ، وهى العروض الواقعة بين دائرتى عرض ٤٠ ـ ٦٥ درجة شمالا وجنوبا ؛ وتحسب دائرة عرض ٤٥ درجة شمالا وجنوبا من أغزر جهات العالم أمطارا لأنها أكثر دوائر العرض تعرضا للمنخفضات الجوية ٠

التوزيع الجغرافى لكميات المطر :

يبلغ المعدل السنوى لكمية الأمطار الساقطة على مستوى العالم نحو مائة سنتيمتر ، لكنه يزيد كثيرا عن ذلك فى بعض مناطق العالم ، كما أنه يقل قلة كبرى حتى ليقل عن ١٠ سم فى جهات أخرى ٠ ويرجع سبب ذلك الى عدد من العـوامل التى تتحكم فى كمية الأمطار السـاقطة وفى مواسم سقوطها فوق مختلف المناطق ٠

وفيما يلى دراسة موجزة لتلك العوامل :

١ ـ الموقـع الجغـرافى :

فقرب المكان من المسطحات المائية الواسعة يساعد على زيادة التبخر ، ومن ثم عظم كمية الرطوبة التى يحملها الهـواء ٠ فاذا ما كـانت عوامل حدوث التكاثف مواتية ، توفرت فرص سقوط الأمطار الغزيرة ٠ ولهذا فان الجهات الساحلية تختص غالبا بالمطر الغزير ، خصوصا حيثما هبت رياح دافئة فوق بحر دافىء وعبرته الى يابس مجاور بارد ٠

٢ ـ التيـارات البحرية :

عبور الرياح الآتية من البحر أو المحيط لتيار مائى بحرى دغيىء قبل أن تهب على اليابس ، فتعظم فيها نسبة بخار الماء الذى تسقطه مطرا فوق اليابس البارد نوعا ٠ مثال ذلك الرياح التى تهب من المحيط على جنوب شرقى أمريكا الشمالية وشمالى شرق أمريكا الجنوبية ، حيث تمر على مياه دفيئة تتمثل فى تيار الخليج الدافىء ٠ ومثل هذا يقال عن الرياح التى تهب على شرق آسيا مارة فوق تيار اليابان الدفيىء ٠

وعكس هذا يقال عن الرياح التى تمر فوق مياه تيار بحرى بارد قبل هبوبها على اليابس ، فانها تكون فقيرة فى رطوبتها فلا تسقط مطرا ٠ وهذا من بين الأسباب الرئيسية فى نشوء الصحارى المدارية ٠ فكل صحراء تطل على البحر يحاذيها جريان مياه تيـار بحرى بارد ، ومثل ذلك الصحراء الكبرى الأفريقية التى تطل على المحيط الأطلسى بساحل يجرى محاذيا تيار كناريا البارد ، وصحراء كلهارى التى يجاورها جريان مياه تيار بنجويلا

البارد ، وصحراء أتكاما بغرب امريكا الجنوبية التى يوازى سواحلها على المحيط الهادى مياه تيار بيرو البارد ، وصحراء غرب استراليا حيث يسير بجوار ساحلها تيار استراليا البارد .

٣ ـ التضاريس :

سبق أن أوضحنا أثر الارتفاع فى زيادة كمية المطر ، كما وأن السفوح المعرضة للرياح الرطبة أغزر مطرا من المنحدرات المظاهرة لها وهى منحدرات ظل المطر . وحينما نقارن خريطة المطر المتساوى وأخرى للتضاريس ، نلاحظ ارتباط غزارة المطر بالمرتفعات ، وقلته بالسهول والمنخفضات ، **حتى لتبدو الجبال «جزرا مطرية»** .

٤ ـ ارتفاع الحرارة فى الجهات الحارة الرطبة كمناطق الرهو الاستوائى ، حيث تساعد على زيادة نشاط تيارات الحمل أو التيارات الصاعدة المحملة ببخار الماء ثم حدوث التكاثف وسقوط الأمطار . وعكس ذلك يحدث حينما ترتفع الحرارة فوق يابس جاف ، اذ يؤدى ذلك الى انخفاض نسبة الرطوبة ، وبالتالى يحدث الجفاف .

٥ ـ مرور المنخفضات الجوية وما يصاحبها من أمطار فى مقدمتها ومؤخرتها على نحو ما أسلفنا .

هذا ويختلف توزيع الأمطار من جهة لأخرى تبعا للعوامل السابقة ، ويختلف التوزيع فى الكمية ، وفى موسم السقوط ، وفى عدد الأيام الممطرة وفى كيفية السقوط فى هيئة وابل أو فى صورة رذاذ ، وفى انتظامه أو تذبذبه ، وكلها وسائل مهمة فى تحديد قيمة المطر الفعلية للحياة فى مختلف الجبهات .

اقاليم توزيع المطر :

يمكن ان نميز اقاليم مطر كبرى على النحو التالى :

أولا ـ اقاليم كثيرة المطر :

١ ـ **الاقليم الاستوائى** : وهو أكثر اقاليم العالم أمطارا ، اذ يزيد المعدل السنوى للأمطار فيه عن ١٦٠ سم ، وهى غالبا من نوع **أمطار التيارات الصاعدة** . ومن الملاحظ أن النصف الشمالى من هذا الاقليم أغزر امطارا من نصفه الجنوبى ، لأن الجبهة الهوائية الاستوائية تبقى فى هذا النصف أكثر مما تبقى فى نصفه الجنوبى .

٢ ـ **اقاليم شرقى القارات المطلة على البحار والواقعة فى مجال هبوب الرياح التجارية الهابة عليها من المحيط والمشبعة ببخار الماء .**

ويساعد على سقوط المطر بغزارة فى هــذه المناطق كثرة هبــوب العواصف المدارية كالتيفون والهاريكين والتورنادو .

٣ ــ الأقاليم المعتدلة التى تقع بــين دائرتى عرض ٤٠ ــ ٥٥ درجة شمالا وجنــوبا ، فى غربى القارات ، وهى المنــاطق التى تتعرض لهبوب الرياح العكسية ، ولكثرة مرور المنخفضات الجوية . وأمطارها طول العام لكنها تكثر فى النصف الشتوى عنها فى النصف الصيفى لكثرة تكون المنخفضات الجــوية فيه .

ثانيا ــ اقاليم متوسطة المطر :

١ ــ اقليم البحر المتوسط فيما بين دائرتى عرض ٣٠ ــ ٤٠ درجة شمالا وجنوبا وتســقط فيه الأمطــار فى الشتاء بســبب هبوب الريــاح العكسية والمنخفضات الجوية . وقد تكثر الأمطار حينما يقترن سقوط المطر الاعصارى بسقوط المطر التضاريسى كما فى كثير من جهات هذا الاقليم الجبلية السطح .

٢ ــ الأقاليم الباردة الواقعة الى الشمال من دائرة العرض ٥٥ درجة شمالا ، وفيها تتناقص الأمطار بســبب تعرض تلك الأقاليم لتمركز ضغوط جوية مرتفعة .

ثالثا ــ اقاليم قليلة المطر او جافة :

١ ــ الصحارى الباردة فى المناطق القطبية ، ويرجع السبب فى جفافها لبرودة الهواء وقلة قدرته على حمل بخار الماء .

٢ ــ الصحارى المعتــدلة الواقعة فى أواسط القارات ، مثل الصحارى الواقعة فى داخلية القارة الاسيوية ، ويرجع السبب فى تكوينها لبعدها الكبير عن المسطحات المائية ، فتصلها الرياح جافة .

٣ ــ الصحارى الحــارة وهى الصحارى الواقعة فى غربى القارات فى المناطق المدارية التى تصلها الرياح التجارية من الشرق جافة بعد أن تكون قد أسقطت حمولتها من المطر فوق شرقى القارات ، وكذلك بسبب الضغط الجوى المرتفع الذى يرابط فوقها طول العام ، وذلك بسبب هبوط الهواء من أعلى ، وتكون انعكاس حرارى علوى يمنع أى صعود كبير للهواء الى أعلى . ومثلها الصــحراء الكبرى الأفريقية وصحارى جنــوب غربى آسيا ومنها صحراء شبه جزيرة العرب وصحراء ثار ، وصحراء كلهارى فى جنوب أفريقيا ، وصحراء غرب استراليا .

نظــم المطــــر :

ينبغى معرفة التوزيع الفصلى لكمية الأمطار الساقطة على كل اقليم

من الأقاليم ، وهذا ما يعرف بنظم المطر **Rainfall Regines** ويمكن أن نميز بين النظم الأساسية ومميزات كل منها كما يلى :

١ ــ النظـام الاستـوائى :

يظهر هذا النظام فى الأقاليم الواقعة حول خـط الاستواء من ٥° شمالا الى ٥° جنوبا · وتسقط الأمطار فيه طول العام ، وليس هناك فصل جاف، وتزداد فى الاعتدالين عنـدما تكون الشمس عمودية على خـط الاستواء · وأهم أسباب المطر هنا كثرة التبخر ، ووجود التيارات الهوائية الصاعدة ، وكثرة الزوابع الراعدة · ويبلغ متوسط ما يسقط من المطر بين ٥ر١ ــ ٥ر٢ مترا فى السنة · وهناك بالطبع اختلافات محلية ، بسبب التباين فى مظاهر السطح وتوزيع اليابس والمـاء ، فأمطار حوض زائير أقل من أمطار جزر أندونيسيا وذلك لتضاريسها المرتفعة واحاطة مياه المحيط بها ·

ويحدث المطر فى الاقليم الاستوائى يوميا بنظام معلوم لا يتغير · ففى الصباح تشرق الشمس ذات الأشـعة العمـودية أو القريبة من العمـودية ، فتلهب الأرض باشعاعها ، فينشط التبخر ، كما تنشط التيارات الهوائية فى التصاعد ، وتتاخذ سحب المزن الركامى فى التشكيل ، وتزداد كثافتها بتقدم النهار · وفيما بعد الظهيرة ، يبدأ فى التساقط بغزارة ، مصحوبا بعواصف الرعد والبرق · ويستمر المطر حتى المساء حين يتوقف ، وتزول السحب ، ويصحو الجو حتى صباح اليوم التالى حين تبدأ الدورة من جديد · **وتمثل هذا النظام بلدة أكاسا فى وسط أفريقيا ·**

٢ ــ النظام شبه (أو دون) الاستوائى :

ويقع على هوامش النظام الاستوائى ، بين درجتى عرض ٥ ــ ٨ شمالا وجنوبا · ويسقط المطر أثناء عشرة شهور على الأقل ، ويشتد سقوط المطر فى فترتين عقب تعـامد الشـمس على الأقليم ، ويـلاحظ أن قمتى المطـر متقاربتان · وسبب المطر عمليات التبخر والتيارات الهوائية الصاعدة كما فى النظام الاستوائى · **وتمثل هذا النظام بلدة منجلا فى جنوب السودان ·**

٣ ــ النظام السودانى أو المدارى القارى :

ويظهر فى الأقاليم التى تقع بين خطى عرض ٨° ــ ١٨° شمال وجنوب خط الاستواء ، وخاصة فى بلاد السودان وهضبة البرازيل ، وأهم ما يميزه سقوط الأمطار صيفا ، عندما تتعامد الشمس عليه ، حين يقع فى نطاق الضغط المنخفض فيما بين يونيو وسبتمبر · ويطول فصل المطر كلما اتجهنا نحو خط الاستواء ، ويقل كلما بعدنا عنه ، حتى يكاد ينعدم ، ويبلغ متوسط ما يسقط من مطر حوالى ½ متر فى السنة · **وتمثله بلدة الدويم بالسودان ·**

٤ ـ نظام موزمبيق أو النظام المدارى البحرى :

ويتمثل فى نفس عروض النظام السابق لكن فى بعض السواحل الشرقية من القارات ، مثل سواحل موزمبيق حيث يتمثل افضل تمثيل ، وجنوب شرقى افريقيا وأمريكا الشمالية والبرازيل وقسما من سواحل شرقى الأرجنتين . وتسقط الأمطار هنا طول العام ، ومعدلها السنوى ١ ـ ٢ م .

٥ ـ النظـــام الموسمى :

يوجد هذا النظام فى المناطق التى تقع جنوب شرق وشرق آسيا التى تهب عليها الرياح الموسمية المحملة ببخار الماء ، وخاصة عندما يكون اليابس الاسيوى مركزا للضغط المنخفض . وهذا النظام يشبه النظام السودانى من حيث سقوط المطر فية صيفا . الا أن الأمطار الموسمية أشد غزارة . ويتراوح متوسط ما يسقط من المطر فى هذا النظام بين ٥ر١ ـ ٥ر٢ مترا فى السنة . ويتذبذب المطر فى كميته ، وفى طول فصل سقوطه من عام لآخر . ويترتب على ذلك الحاق الضرر بالمحاصيل وبالانسان والحيوان كما يتسبب أحيانا فى احداث فيضانات عالية تغرق مناطق العمران . **وتمثله مدينة بومباى بشمال غرب شبه الجزيرة الهندية .**

٦ ـ النظام الصحراوى :

ويوجد فى الصحارى المدارية بين خطى عرض ١٨° ـ ٣٠° شمال وجنوب خط الاستواء ،أى أنه يقع بين منطقتى النظام السودانى ذى المطر الصيفى ، ونظام البحر المتوسط ذى المطر الشتوى . ويكاد المطر ينعدم به ، نظرا لوقوع الصحارى فى مهب الرياح التجارية التى تصل اليها جافة . وتعتبر الصحراء الكبرى الأفريقية أعظم الصحارى المدارية مساحة ، وتجد لها امتدادا عبر البحر الأحمر فى صحراء شبه جزيرة العرب . والمطر النادر تغلب عليه الفجائية ، ونظامه مرتبط بنظم سقوط المطر فى الأقاليم المحيطة به .

٧ ـ نظـام البحر المتـوسط :

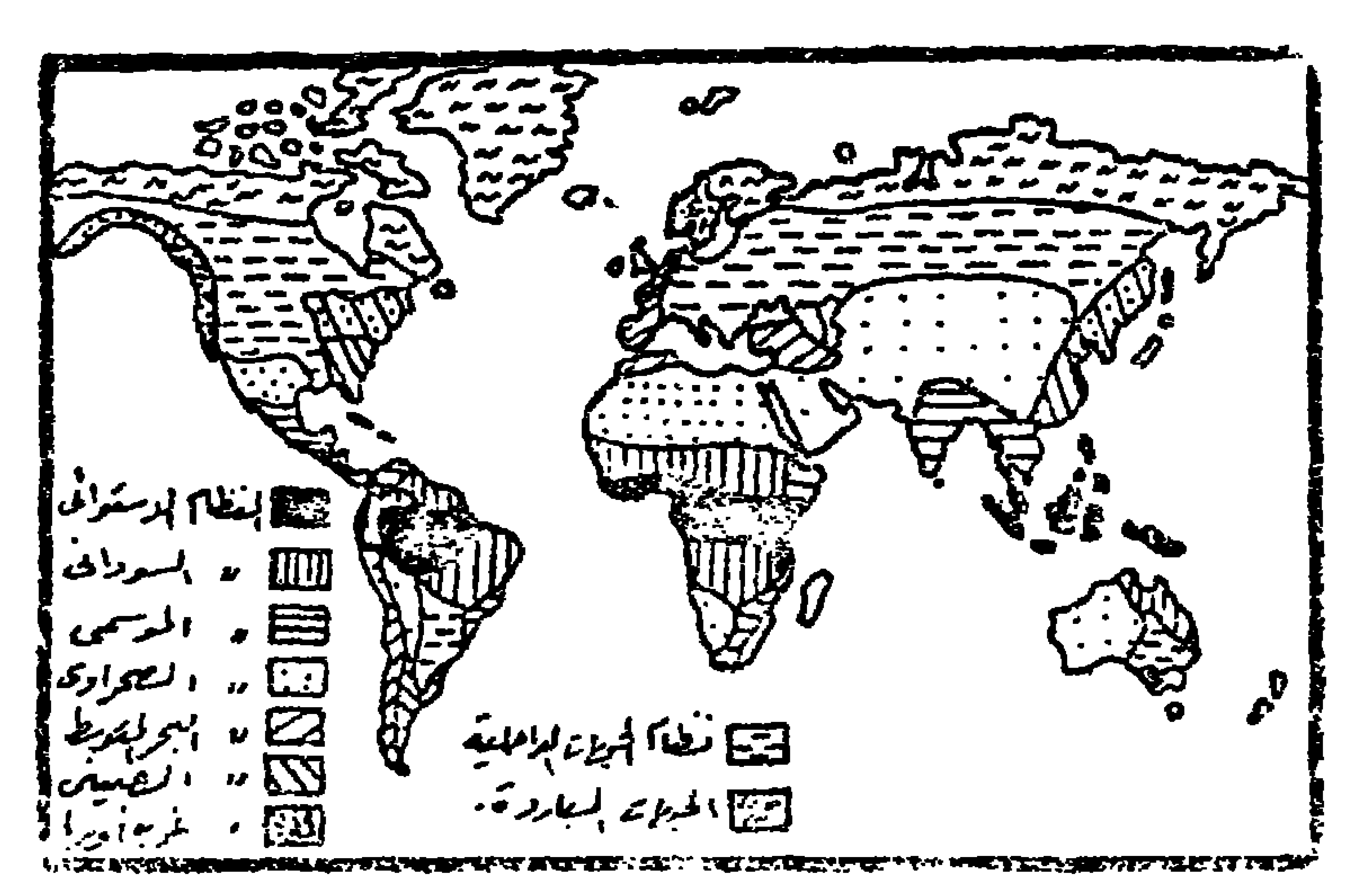
يوجد هذا النظام فى غرب القارات بين خطى عرض ٣٠° ـ ٤٠° شمالا وجنوبا وتسقط به الأمطار فى فصل الشتاء لاسيما فيما بين شهرى نوفمبر وفبراير ، بسبب هبوب الرياح الغربية العكسية والمنخفضات الجوية التى تصاحبها . ويبلغ متوسط كمية المطر فى السنة نحو نصف متر . وفصل الصيف جاف نظرا لهبوب الرياح التجارية الجافة . ويتمثل هذا النظام فى الأراضى المطلة على البحر المتوسط ، كما يتمثل فى كاليفورنيا ، ووسط شيلى ، وجنوب غرب كل من استراليا وافريقيا .

٨ ــ النظــام الصينى :

ويوجد فى شرق القارات بين خطى عرض ٣٠° ــ ٤٠° شمالا وجنوبا ، أى فى نفس عروض نظام البحر المتــوسط ٠ لكن الأمطار تســقط هنا طول العام ، وأكثرها فى فصــل الصيف بسبب هبوب الريــاح الموسمية ، أما فى الشتاء فبسبب وجود انخفاضات جوية ٠ ويسود هذا النظام جنوب ووسط الصين ، وجنوب شرق الولايات المتحدة ٠ ويتراوح المعدل السنوى للأمطار فى هذا النظام بين متر واحد ومترين ٠

٩ ــ نظــام غرب أوربا :

ويوجد هذا النظام فيما بين خطى عرض ٤٠° ــ ٦٠° شمالا وجنوبا على السواحل الغربية للقارات كغرب أوروبا وغرب أمريكا الشمالية الى الشمال عن كاليفورنيا ٠ وتسقط به الأمطار طول العام بسبب الرياح الغربية التى تهب على هذه الســواحل من ناحية البحر ، وتشــتد الأمطار فى الخريف والشتاء بسبب كثرة ورود الأعاصير٠ويبلغ مجموع المطر السنوى به ما يقرب من ٢ متر فى المتوسط ٠



شكل رقم (٧٥) نظم المطر فى العالم

١٠ ــ النظــام اللورنسى :

ويسود فى شرق القارات بين خطى عرض ٤٠° ــ ٦٠° شمالا وجنوبا ، أى فى نفس عروض نظام غرب أوروبا (لكن فى شرق القارات) ٠ وتسمى بذلك نسبة الى حوض نهر سانت لورنس بشمال شرق أمريكا الشمالية حيث يتمثل به هذا النظام خير تمثيل ٠ ومطره يسقط طول العام ، ويزداد فى فصــل الصيف ٠

١١ ـ نظام الجهات الداخلية :

ويوجد هذا النظـام فى داخل القارات ، والأمطـار قليلة فى جملتها ، واذا سقطت فان غالبيتها يكون فى فصل الصيف ، بسبب التيارات الهوائية الصاعدة التى تنشط فى الفصل الحار . ويظهر هذا النظام فى شرق أوربا ، والسهول الوسطى بأمريكا الشمالية .

١٢ ـ نظام الصحارى الداخلية المعتدلة :

ويوجد فى الجهات الداخلية من القارات فى مجال عروض هبوب الرياح العكسية ، فيـوجد فى وسط آسيا الى الشرق من بحر قزوين . ولا تسـقط الأمطار الا اذا نجحت الرياح العكسية وأعاصيرها فى الوصول اليها ، وهذا لا يحدث الا قليـلا .

١٣ ـ الصحارى الباردة أو الجليدية :

وتسود فى شمال القـارات بالنصف الشمالى من الكرة الأرضـية على الخصوص ، حيث تشتد البرودة فى المناطق القطبية طول العـام ، والمطر نادر بسبب ارتفاع الضغط ، وشدة البرودة التى تسـاعد الهواء على حمل بخار الماء . ويسقط المطر القليل (نحو ٢٥ سم) فى فصل الصيف القصير الذى لا يتعدى شهرا أو شهرين فيهما ترتفع الحرارة فوق الصفر بقليل .

خرائـــط الطقس :

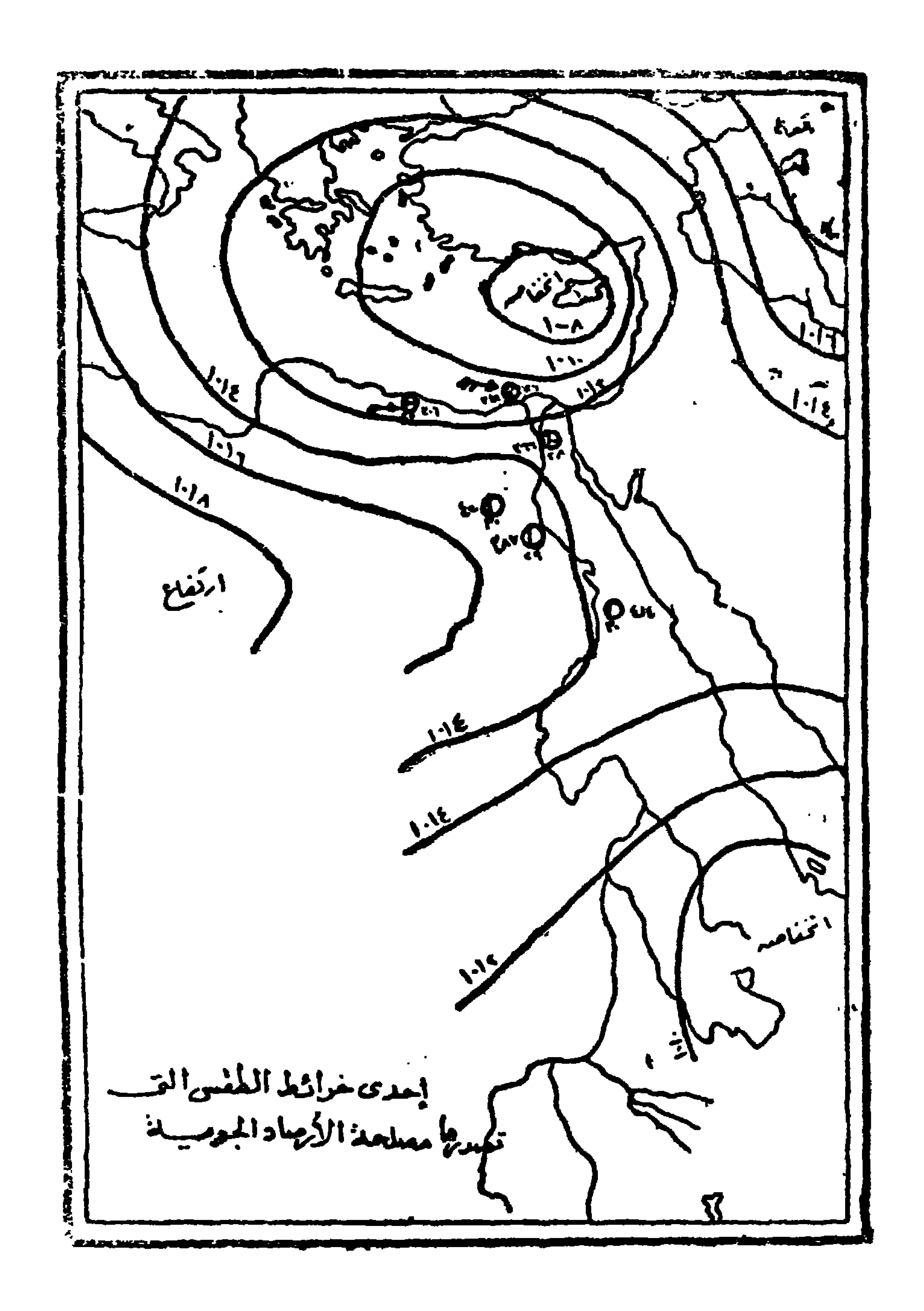
توضح خرائط الطقس حالة الجو فى اقليم ما لمدة قصيرة قد تكون يوما أو يومين ، وتتنبـأ بما عسى أن يطرأ على هذه الحالة من تغـير فى اليوم التالى أو اليومين التاليين ، ولذلك فهى تصدر كل يوم .

ولقد اصبح فى مقدور العاملين بدراسة الأرصاد الجوية أن يتنبأوا بحالة الطقس. فمثلا فى استطاعتهم أن يتنبأوا عما اذا كانت درجة الحرارة سترتفع او تنخفض فى اليوم التالى ، أو ستبقى على ما هى عليه . وكذلك الحال بالنسبة للضغط الجوى ، كما أنه فى استطاعتهم أن يتنبأوا باتجاه الرياح ، والاثر الذى ستحدثه فى الحالة الجوية ،مثل رفع درجة الحرارة أو تلطيفها ، أو أنها ستثير الاتربة والغبار ، بالاضافة الى استطاعتهم أن يتنبأوا بصفاء السماء وخلوها من السحب أو أنها ستكون ملبدة بها ،وبما اذا كانت الأمطار ستسقط أم لا ، وكذلك التنبؤ بالأماكن التى ستسقط عليها .

ونظرا لدقة دراسة العنـاصر المناخية من حرارة وضـغط ورياح ومطر ... الخ . **بواسطة الأجهزة الحديثة مثل الاقمار الصناعية** ، فقد أصبح من النادر أن ترد اخطاء فى التنبؤات الجوية .

ويراعى المتنبئون الجويون عند تنبؤهم بحالة الجو الأمور الآتية :

١ ـ الالمام بالحالة الجوية العامة للاقليم ، وذلك عن طريق دراسة



شكل رقم (٧٦)

خريطة من خرائط الطقس التى تصدرها مصلحة الأرصاد الجوية المصرية

الأرصاد المختلفة التى تسجلها المراصد فى الاقاليم والاقاليم المجاورة له ، ودراسة المتوسطات التى تستنتج من هذه الأرصاد ٠

٢ ـ الالمام بالحالة الجوية الخاصة بالاقليم ، مثل معرفة خطوط سير المنخفضات الجوية وآثارها المناخية ٠ فمن المعروف ان هذه المنخفضات لها أثرا كبيرا فى الحالة الجوية ، اذ أنها تسير من الغرب الى الشرق فتتغير الحالة الجوية مع تحركها تبعاً لموقع المنخفض والطريق الذى يسلكه ٠

وبين الشكل (٧٦) خريطة الطقس التى تصدرها مصلحة الأرصاد الجوية فى صباح كل يوم، ومنها يمكن ان نوضح المعلومات المدونة فيها **على النحو الآتى:**

١ ـ تقدر درجة الحرارة بالدرجات المئوية بجوار رمز المحطة وهو عبارة عن دائرة بجوارها رقم المحطة الدولى ٠

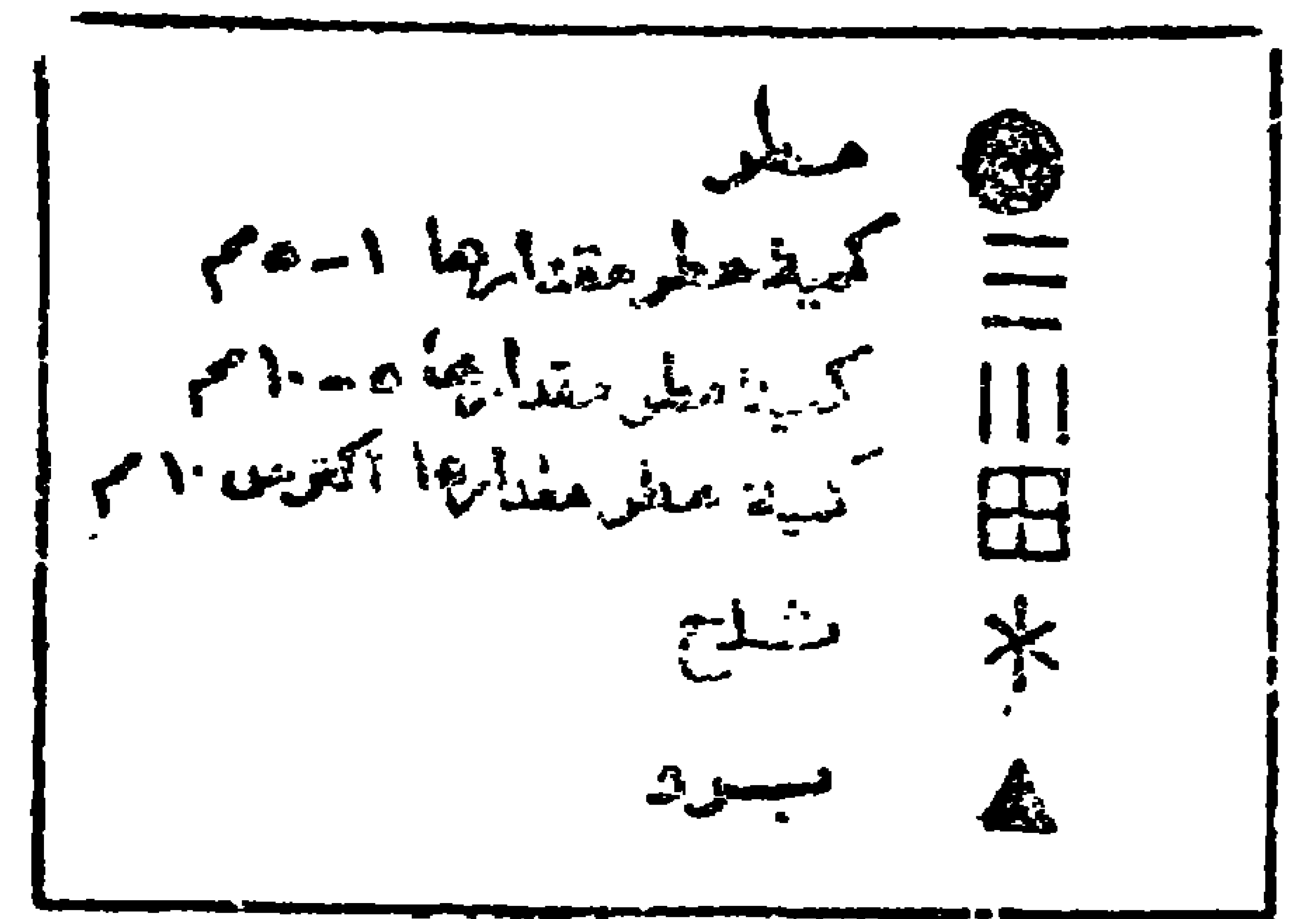
٢ ـ يقدر الضغط الجوى بالمليبار ، ويوضح على الخريطة بخطوط هى خطوط الضغط الجوى المتساوى ، بحيث يكون الفرق بين كل خط وآخر يليه ٢ مليبار ٠

٣ ـ يبين اتجاه الرياح بواسطة أسهم تتجه مع اتجاه الرياح ، وتبين عليها السرعة بواسطة شرط قصيرة ترسم فى ذيل السهم شكل (٧٧) ٠

من ٠ الى ١ كيلو متر فى الساعة
من ٢ الى ٦ » »
من ٧ الى ١٢ » »
من ١٣ الى ١٨ » »
من ١٩ الى ٢٦ » »
من ٢٧ الى ٣٥ » »
من ٣٦ الى ٤٤ » »
من ٤٥ الى ٥٤ » »
من ٥٥ الى ٦٥ » »
من ٦٦ الى ٧٧ » »

شكل رقم (٧٧) كيفية توضيح اتجاه وسرعة الرياح على خرائط الطقس

٤ ــ يوضح التســاقط بانواعه المختلفة بواسطة عــلامات اصطلاحية شكل رقم (٧٨) ٠



شكل رقم (٧٨)
كيفية تــوضيح مختلف أنــواع التســاقط على خرائط الطقس

٥ ــ السحب وتبــين داخل دائرة المحطة بواسطة شرط رأسية شــكل رقم (٧٩) ٠

السماء صافية
¼ السماء مغطى بالسحب
½ السماء مغطى بالسحب
¾ السماء مغطى بالسحب
كل السماء مغطى بالسحب

شــكل رقم (٧٩)
كيفية توضيح السحب على خرائط الطقس

طريقة رسم خريطة الطقس :

لعمل خريطة الطقس لابد من توفر مجهود عظيم ومنظم ، ولابد من وجود عدد كبير من محطات الارصاد الجــوية موزعا توزيعا فوق مســاحة واسعة داخل الدولة ٠ وبالنسبة لجمهــورية مصر العربية ، نجد الاهتمام يزداد بجمع الأرصاد من المحطات الجوية التى توجــد فى الغرب ، اذ أنه من ذلك الاتجاه تاتى المنخفضات الجوية التى تؤثر فى جو الجمهورية خلال فصلى الشتاء والربيع ، وما يصاحبها من مظاهر جوية ٠

ويجب أن تمر خريطة الطقس بثلاث مراحل هى :

المرحــــلة الأولى :

١ ــ مرحلة جمع البيانات الخاصة بالارصاد الجوية فى مختلف مراصد

المنطقة ، سواء من داخل الدولة أو خارجها ، وخاصة المناطق التى تؤثر وتتاثر بطقس الدولة. فمثلا تضم خريطة الطقس فى مصر كل شمال افريقيا، الى جانب الجزء الجنوبى من أوروبا بالاضافة الى الجزء الجنوبى الغربى من قـارة آسيـا .

المرحـلة الثــانية :

وفى هذه المرحلة يتم توقيع البيانات السابق جمعها كل فى مكانه بجوار محطات الرصد ، وذلك باستخدام الرموز والشفرات السابق دراستها .

المرحــلة الثـالثة :

وتعتبر هذه المرحلة أخيرة وتختص بالتنبؤ بحالة الطقس فى يوم أو فى يومين متتاليين . وتبدأ هذه المرحلة برسم خطوط الضغط المتساوى ، ثم تحديد خط سير المنخفضـات ، ودراسة اتجاهات الريـاح ، وتوزيع درجة الحرارة والسحب الى غير ذلك من عناصر الطقس .

ولابد أن يشرف على محطات الأرصاد الجوية ويقوم بتسجيل الاحوال الجوية فيها وتبليغها الى المركز الرئيسى أشخاص مدربون تدريبا جيدا ، وعندما تتجمع البيانات لابد من رسم خريطة سريعة ونشرها فى وقت قصير، والا فقدت قيمتها والفائدة المرجوة منها . وأخـيرا لابد أن يقوم المتنبئون الجويون بابلاغ التنبؤات للجهات المختلفة التى يهمها الأمر .

الثــــلج :

هو مظهر من مظـاهر التكاثف فى طبقات الجو العـالية ، وشكل من أشكال التكاثف الصلبة ، الذى يتم عندما تصل درجة النـدى درجة الصفر وما دونها . فعندما تنخفض درجة حرارة بعض السحب الطبقية المتوسطة أو المزن الطبقى الى ما دون درجة التجمد ، فان قسما من بخار الماء الذى يكونها يتكاثف حول نويات التكاثف الثلجى ، فى شكل بللورات ثلجية رقيقة تكبر عن طريق الالتحام ببعضها .

ويتالف الثلج من بللورات رقيقة مختلفة الشكل سداسية الأضلع منبسطة أو مسطحة ، ويصل قطر البللورة نحو سنتيمتر ، وعندما تلتحم البللورات ببعضها فان القطر يزداد ليصل الى نحو ٥ر٢ سم ، وعندئذ لا يقوى الهواء على حملها فتتساقط على سطح الأرض ، ويشترط عنـد سقوطها انخفاض درجة الحرارة الى ما دون ٤ درجة مئوية ، وكلما انخفضت درجة الحرارة كلما ازدادت امكانية سقوط الثلج . ولهذا فان العواصف الثلجية فى الجهات المعتدلة تقترن بالجبهات الهوائية الباردة .

ويندر سقوط الثلج Snow فى المناطق المدارية ، لكنه مظهر من مظاهر التكاثف الذى يشيع فى الأقاليم المعتدلة الباردة والأقاليم الباردة . ويزداد

التساقط على هيئة ثلج بالابتعاد عن دائرة الاستواء تجاه القطبين أفقيا • ورأسيا بالارتفاع فوق سفوح الجبال ، خصوصا فى الجهات المعتدلة الباردة والبــاردة •

وعندما تتساقط الثلوج بكثرة وتتراكم فوق سطح الأرض البارد ، فانها تكون فى البداية هشة لاحتوائها على هواء وفراغات بينية ، لكنها ما تلبث أن تتضاعف وتتماسك خصوصا مع ازدياد التساقط والتراكم وبلوغها سمكا قد يصل الى عدة أمتار ، وعندئذ تتحول الثلوج الى جليد **Ice** صلب •

وتتباين مدة بقاء الثلوج أو الجليد على سطح الأرض تبعا لعدد من **العوامل الرئيسية هى :**

١ ـ درجة العرض ، فيطول بقاؤها على سطح الأرض بالاتجاه نحو القطبيـن •

٢ ـ كمية التساقط وفصل سقوطها،فكلما زاد التساقط غزارة،واقترن موسمه بالفصل البارد من السنة كلما طال بقاء الغطاء الثلجى أو الجليدى•

٣ ـ مدى الارتفاع ، اذ يطول بقاء الثلوج فوق قمم الجبـال ، وقد تبقى فوقها مكونة قلنسوة جليدية دائمة • وقد تبين أن مـدة بقاء الغطاء الثلجى على جبال الألب تزداد عشرة أيام مع كل ارتفاع مقداره ١٠٠م •

خط الثلج الدائم Snow-Line :

هو الخط الذى يبقى بعده الثلج موجودا طوال العام • ويختلف مداه أو موقعه من مكان لآخر تبعا لعوامل معلومة هى ذاتها التى تؤثر فى سقوطه ومدة بقائه على سطح الأرض ، مثل دائرة العرض وغزارة التساقط وفصليته ومدى ارتفاع المكـان •

فخط الثلج يكون قرب مستوى البحر فى الأراضى السهلية داخل الدائرة القطبية ، بل هو دون منسوب البحر حول القارة القطبية الجنوبية (قارة أنتاركتيكا) ، لكنه فى النطاق الاستوائى يرقى لارتفاع يزيد على ٤٧٠٠ متر، ويهبط لمنسوب ٥٠٠ متر فى المناطق الواقعة بـين دائرتى عرض ٧٠ ـ ٨٠° شمالا•والى الشمال من دائرة العرض ٨٠° شمالا يصبح عند منسوب البحر• وينخفض منسوب خط الثلج الدائم على سفوح الجبال المعرضة لهبوب الرياح الماطرة ، وعلى السفوح الشمالية التى لا تتعرض للاشعاع الشمسى المباشر•

وقد تراكمت الثلوج على مر السنين فوق مساحات هائلة من اليابس مكونة لغطاءات جليدية عظيمة السمك مثل الغطاء الجليدى الضخم الذى يغطى قارة أنتاركتيكا والغطاء الجليدى فوق جزيرة جرينلاند ، اضافة الى الجليد الهضبى فوق اسكنديناوه ، والقلنسوات الجليدية الفسيحة فوق قمم السلاسل الجبلية الشاهقة كالهيمالايا والألب والروكى والأنديز •

آثار الثلوج السلبية والايجابية :

الاثــار السـلبية :

١ ـ يؤدى انصهار الثلوج أو الجليد فوق قمم الجبال فى فصلى الربيع والصيف الى حدوث انهيارات جليدية ، والى فيضان الانهار التى تنبع فى حقول الثلج بالجبال ٠

٢ ـ يؤدى تساقط الثلوج فى السـهول والمناطق الاهلة بالسكان الى احداث أضرار مادية مثل قطع أسلاك البرق ، واغـلاق الطرق البرية مما يسبب تعطل سبل المواصلات ٠

٣ ـ لتساقط الثلوج آثار سلبية على المزروعات التى قد يصيبها التلف٠

الآثـار الايجـابية :

١ ـ يرتبط بتساقط الثلـوج وتكوينها لغطاءات جليـدية فى المناطق الجبلية سياحة التزحلق على الجليد وأنواع الرياضة المتصـلة بها ، وتلك مصدر هام للدخل القومى لكثير من الاقطار الجبلية مثل أقطار وسط أوروبا٠

٢ ـ حينما تتساقط الثلوج فوق أراضى المراعى فى الشتاء،فانها تشكل غطاء واقيا للتربة ، لانه موصل ردىء للحرارة ، فيمنع الاشعاع الحرارى الأرضى من الهروب من التربة كما يمنع برودة الجـو من النفاذ خلاله الى التربة ، فيقيها من التجمد ٠

٣ ـ المياه الناشئة عن انصهار الثلوج تغذى الروافد الجبلية التى ترفد كثيرا من الأنهار الكبرى كالراين والرون والدانوب فى أوروبا ، والمسيسبى ورافده المسورى فى أمريكا الشمالية ٠

٤ ـ انصهار الثلوج فى الربيع وأوائل الصيف وتحولها الى مياه مهم للغاية فى ترطيب التربة ، وسقاية المزروعات لحين سقوط أمطار الصيف ٠

الـــــبرد :

يحدث البرد **Hail** نتيجة لتكاثف بخار الماء فى سحب المزن الركامى التى تمتاز بسمكها الكبير ، وبغناها ببخار الماء ، وبنشاط عظيم للتيارات الهـــوائية ٠

وتعتمد النظرية التقليدية لتكون البرد على نشاط التيارات الهوائية فى سحب المزن الركامى ٠ فيتكاثف بخار الماء فى شكل قطيرات صغيرة من الماء، لا تلبث أن تتجمد فى هيئة كرات صغيرة من الثلج بسبب شدة البرودة،فتبدأ فى السـقوط الى سطح الارض بسـبب ثقلها ، الا أنها ترتفـع مرة ثانية

بواسطة التيارات الهوائية الصاعدة الى داخل سحاب المزن الركامى الغنى ببخار الماء ، فتتكثف حـولها من جديد طبقة أخرى من الماء المتجمـد . وهكذا تعاد هذه العملية عـدة مرات الى أن تكبر احجـامها بالقدر الذى لا تقوى معه التيارات الهوائية الصاعدة على حملها ، فتسـقط على سطح الأرض بفعل ثقلها . ويبلغ معدل قطر الواحدة من حبات البرد نحو ٥ر١سم ، وأحيانا يتضخم ليصل الى نحو ١٠ سم ، وعندئذ **تسمى أحجـار البرد** **Hailstones** .

ونظرا لأن التجارب المعملية لم تؤكد هذه النظرية ، فقد ظهرت أفكار حديثة تفسر تكون كرات البرد بتكاثف مزيد من قطيرات الماء المتجمدة فى المستويات العليا من سحاب المزن الركامى حـول نويات تكاثف ثلجية . اضافة الى أن قطيرات الماء الصغيرة فى السحاب تتجمد عند ارتفاعها وتنمو مكونة للبرد عن طريق الالتحام ببعضها .

ولكى يتكون البرد فى سحاب المزن الركامى لابـد من توافر عـدد من الشروط أهمها ان توفر حالة من الاضطراب وعدم الاستقرار الجوى ، وكثرة بخار الماء فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، واشتداد نشاط التيارات الهوائية الصاعدة مع انخفاض شديد فى درجات الحرارة .

وسقوط البرد فى الجهـات القطبية أمر نـادر الحدوث ، لأن تكـونه وسقوطه يتطلب نشاطا فى تيارات الهواء الصاعدة ، وهذا شرط لا يتوفر فى الجهات القطبية . كما أنه لا يسقط أيضا فى المناطق الاستوائية رغم توفر نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وسـحاب المزن الركامى . وسـبب ذلك ارتفاع حرارة الهواء ، التى تصهر حبات البرد قبل وصولها الى سطح الأرض .

ويكثر سقوط البرد فى الأقاليم المعتدلة التى تقع بـين دائرتى عرض ٣٠ ــ ٦٠ درجة ، وذلك لتوفر شروط تكونه وسقـوطه . وهو أكثر سقوطا فوق المدن منه فوق الريف ، لأن أجواء المدن تزخر بنويات التكاثف المتميعة ونويات التكـاثف الثلجية . ويتركز سقوط البرد فى أجـواء شرقى البحر المتوسط ، ومنها سواحل مصر الشمالية ، فى فصل الشـتاء ، خصوصا فى شهر فبراير ويناير على الترتيب . ويغلب سقوطه بعد الظهر ، لأن سطح الأرض يكون قد وصل الى أوج حرارته ، وتكون التيارات الهوائية الصاعدة على أشدها . هذا ويكثر سقوط البرد فى المناطق المعتدلة مثل وسط أوروبا وغربها فى الربيع والصيف .

الفصل الحادى عشر

تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية

- التعريف بالاقليم المناخى ، وطبيعة الحدود بين الأقاليم المناخية .
- أهداف التقسيمات المناخية وتعددها .

فئات التقسـيم :

أولا : التقسيمات التجريبية .

ثانيا : التقسيمات الأصولية .

ثالثا : التقسيمات البشرية .

أولا ـ التقسيمات التجريبية :

تقسيم سـوبان ـ تقسـيم دى مارتون ـ تقسـيم كوبين ـ تقسـيم تريوارثا ـ تقسيم ثور نثويت .

ثانيا ـ التقسيمات الاصولية :

تقسيم بوديكو ـ تقسيم فلون .



تقسيم العـالم الى اقاليم مناخية

يهتم علم الجغرافيا اهتماما كبيرا بدراسة وتحديد أنماط التباين المكانى على سطح الأرض ، فيوضـح أوجه الشبه وجـوانب الاختلاف ، ويحـدد العوامل والعمليات التى أثرت فى تكوين تلك الأنماط . وتقوم التقسيمات المناخية على جمع البيـانات الخاصة بأحوال الجـو وترتيبها وتنسـيقها وتصنيفها فى مجموعات ، كل مجموعة منهـا تختلف عن الأخرى ، وتمثل نوعا مناخيا معلوما يسود اقليما معينا يختص به .

ولا شك أن التوزيع الجغرافى للمناخ يتاثر بضوابط معلومة أهمها الموقع الفلكى بالنسبة لدوائر العرض ، والموقع الجغرافى بالنسبة لليابس والماء ، والارتفاع عن سطح البحر ، ومدى تضرس الاقليم ، ونوع التربة ، والحياة النباتية السائدة ، وكلها عوامل تخلق لكل مساحة من سطح الأرض نوعا مناخيا سائدا له خصائص ومميزات فى أحوال جوه تميزه عن غيره .

ولا شك أن أحوال الجـو تختلف من مكان لآخر ، وهـذه الاختلافات المكانية فى أحوال المناخ يستحيل معها أن يتشابه مكانان فى مميزاتهما المناخية تشابها كاملا . ولهذا فان التقسيم أو التصنيف المناخى Classification of Climate الذى يهدف الى تقسيم العالم الى أقاليم مناخية Climatic Regions ينبغى أن يقوم على التعميم ويعتمد على أوجه الشبه الرئيسية ، ويتجاوز عن الاختلافات الثانوية والخصائص التفصيلية .

والاقليم المناخى مسـاحة من سطح الأرض تتشابه فيها عنـاصر الجو وظواهره من حرارة وضغط ورياح وتساقط . ويضم الاقليم المناخى الواحد مناطق بعيدة عن بعضها ، لكنها تشترك فى الموقع بالنسبة لدوائر العرض ، وبالنسبة لكتل اليابس أو القـارات . وتنبع أهمية اى تقسيم منـاخى من اهمية العنـاصر المناخية التى يعتمد عليهـا ، مثل عنصر الحرارة وعنصر المطر ، اضافة الى قدرته على التعميم والايجـاز ، كما ينبغى أن يكـون واضحا وسهلا حتى يسهل فهمه وتطبيقه فيشيع استعماله .

والحدود بين الأقاليم المناخية ليست خطوطا فاصلة حادة ، الا حيثما وجدت بعض الظواهر التضاريسية الكبرى كالسلاسل الجبلية المتصلة التى تجعل الانتقـال من اقليم لآخر على كـلا جانبيها انتقالا فجائيا حـادا ، فالقاعدة العامة أن الانتقال من اقليم مناخى لاقليم مناخى آخر يتم بصورة تدريجية ، بحيث نجد منطقة انتقالية تفصل بين اقليمين متجاورين أو أكثر ،

فيها خصائص وصفات تلك الأقاليم مجتمعة . ومع تسليمنا بتلك الحقيقة ، فان تمثيل هذه الحدود على الخرائط بخطوط هو أنسب الطرق وأكثرها ملاءمة .

أهداف التقسيمات المناخية وتعددها :

تختلف الأسس التى تبنى عليها التقسيمات المناخية تبعا للأهداف التى نرمى اليها عند التقسيم ، وهذه نجملها فى نقطتين :

الأولى : توضح الخصائص المميزة لأنواع المناخ .

والثانية : توضح العوامل التى تؤدى الى تكوين كل نوع من أنواع المناخ.

وتبعا لاختلاف الأهداف تعددت التقسيمات المناخية التى يمكن حصرها فى ثلاث فئات هى :

١ ـ التقسيمات التجريبية Empirical :

وهى التى تعنى بتوضيح الخصائص المميزة لانماط المناخ دون الاهتمام بالعوامل التى تؤدى الى ظهورها ، أو الضوابط التى تتحكم فيها . وتحاول هذه التقسيمات أن تستنبط علاقات تجريبية تربط بين التوزيع الجغرافى لبعض مكونات البيئة مثل النبات الطبيعى وعناصر المناخ كالحرارة والمطر على وجه الخصوص . فهى اذن تقسيمات تطبيقية تهتم بتحديد الأقاليم المناخية ودورها فى تقرير اختلافات البيئة ، ولا تهتم بتفسير أسباب التباين المناخى .

ومن التقسيمات المناخية التجريبية ما اعتمد على عنصر واحد وهو الحرارة ، وهى تقسيمات قديمة ، مثل تقسيم الاغريق القدامى ، وتقسيم سوبان Supan سنة ١٨٩٦ ، وتقسيم دى مارتون E. De Martonne عام ١٩٢٥ . بينما اعتمدت تقسيمات أخرى على الجمع بين أكثر من عنصر مثل تقسيم كوبين W. Koeppen سنة ١٩٣١ ،وتقسيم ميللر A. Miller عام ١٩٣١ ، وتقسيم تريوارثا G. Trewartha سنة ١٩٣٧ ، وتقسيم ثورنثويت W. Thornthwaite عام ١٩٤٨ . وتجمع هذه التقسيمات بين المطر ودرجة الحرارة لتحديد ما يعرف بفاعلية المطر أو التساقط Effectiveness of Precipitation كما اهتم تصنيف ثورنثويت بتحليل العلاقة بين المطر والتبخر الكامن ، وتقدير التغير الذى يصيب محتوى التربة من الرطوبة .

٢ ـ التقسيمات الأصولية Genetic :

وهى التى تهدف الى تحديد العوامل المناخية Climatic Controls التى تؤثر على المناخ وتؤدى الى تكوين نوع أو نمط معين مثل الكتل الهوائية كتقسيم فلون H. Flohn سنة ١٩٥٠ ، وتقسيم أوليفر J. Oliver

سنة ١٩٧٠ . ومثل الاشعاع الشمسى كتصنيف تيرجونج W. H. Terjung عام ١٩٧٠ ، وتصنيف بوديكو Budyko سنة ١٩٧٢ .

٣ ـ التقسيمات البشرية Human :

تعتمد التقسيمات البشرية على تحديد العلاقة بين الظروف المناخية وشعور الانسان بالراحة ، وهى قليلة العدد ، قليلة الاستعمال فى الدراسات الجغرافية ،وذلك لتعقدها وصعوبة تطبيقها ، بسبب كثرة المتغيرات وصعوبة قياس هذه المتغيرات بالوسائل الكمية . اضافة الى أن مفهوم الراحة وضوابطها أو العوامل التى تؤثر فيها تختلف من انسان لآخر تبعا لعوامل شخصية كالعمر ، والجنس ، والحالة الصحية ، والعادات الغذائية ، ونوع الملابس ، والمستوى المادى .

وقد أمكن تطوير بعض الأساليب المفيدة فى تحديد العلاقة بين الانسان والمناخ ،منها أسلوب الحرارة الفعالة Effective Temperature الذى استخدمه تيرجونج فى تقسيمه للأقاليم المناخية الفسيولوجية بالولايات المتحدة الامريكية ، وتقسيم موندر W. J. Maunder لأقاليم مناخ استراليا .

التقسيمات المناخية التجريبية

تقسيم الاغريق القدامى :

اهتم رجال العلم منذ القدم بتصنيف المناخ وتقسيم العالم الى أقاليم مناخية . ولعل أقدم تقسيم يرجع الى الاغريق القدامى الذين تبينوا أن الحرارة عامل مهم يتحكم فى توزيع الأنواع المناخية . فقسموا العالم الى ثلاثة أقاليم تتمثل فى نصفى الكرة الأرضية وهى :

١ ـ الاقليم الحار : الذى ترتفع فيه درجة الحرارة طول السنة ،ويتمثل فى المناطق المدارية . والسنة صيف حار دائم ، ولا تحوى فصل شتاء بارد .

٢ ـ الاقليم البارد : الذى تنخفض فيه الحرارة طوال السنة ،ويتمثل فى المناطق القطبية ،حيث السنة شتاء بارد دائم ،وحيث يختفى الصيف الدافى .

٣ ـ الاقليم المعتدل : الذى يقع بين الاقليم الحار والاقليم البارد . وفيه تظهر جميع فصول السنة .

تقسيم سوبان :

اقترح سوبان Supan فى عام ١٨٩٦ تقسيم العالم الى ٣٥ قسما مناخيا ، هى فى الواقع أقاليم جغرافية فرعية ، ذلك أنه من الممكن ضم المتشابه منها ضمن اقليم واحد ، مثال ذلك الأقسام رقم ١٢ و ١٤ و ١٧ و٣١ وهى على التوالى الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء استراليا وصحراء بيرو ،

فمن التاليف بينها لتدخل ضمن الاقليم الصحراوى ، وهكـذا فى عديد من الأقسـام التى أوردها •

وعند تقسيمه العـالم الى اقاليم حرارية اعتبر سويــان خط الحرارة ٢٠ درجة مئوية كمتوسط سنوى حـدا للمناخ الحار • ورأى اعتبـار خط الحرارة ١٠ درجة مئوية كمتوسط حرارى لأدفأ شهور السنة فاصـلا يحدد الاقليم القطبى •

تقسـيم دي مـارتون :

اعتمد العالم الفرنسى ايمانويل دى مارتون De Martonne عام ١٩٢٥ عند تقسيمه للعالم الى اقاليم مناخية كبرى على عنصر الحرارة مثل سابقيه، لكنه أخذ فى الحسبان عناصر أخرى **أهمها المطر من حيث كميته وفصليته** عند تقسيمه للأقاليم الكبرى الى أقاليم فرعية • وفيما يلى عرض موجز لها :

الاقليم الحـار (A) ويشمل الجهـات الاستوائية والمـدارية ، ولا يقل متوسط درجة حرارة أى شهر من شهور السنة فيه عن ٢٠ درجة مئوية •

وأقسامه كما يلى :

١ ـ المناخ الاستوائى ـ نوع غانة (A1) :

ويتميز بصغر مداه الحرارى،وأمطاره طول السنة وتزداد فى الاعتدالين.

٢ ـ المناخ الاستوائى ـ نوع الأوقيانوسية (A2) :

استوائى جزرى معتدل أو معدل عن النوع السابق •

٣ ـ المناخ السودانى ـ شبه الاستوائى (B1) :

المدى الحرارى السنوى أكبر من الاستوائى ، وفصل الشتاء فيه جاف ، والمطر صيفى •

٤ ـ المنـاخ السنغالى (B2) :

مداه الحرارى السنوى أكبر من السودانى ، فصل المطر الصيفى اقصر، وفصل الشتاء الجاف أطول من السودانى •

الاقليم الموسمى (B) . ويتاثر بهبوب الرياح الموسمية ، وتسقط أمطاره صيفا • وهذا بدوره ينقسم الى عدة أقسام تبعا لعاملى المدى الحرارى وكمية المطر الساقطة ، وقصر او طول فصل سقوطه ، وهى :

١ ـ الموسمى نوع البنغال (B4) :

المدى الحرارى صغير ، والمطر غزير صيفا •

٢ ـ الموسمى نوع وسط الهند (B6) :

المدى الحرارى كبير نوعا ، والمطر اقل من نوع البنغال •

الموسمى نـوع الصين :

أمطاره طول العـام ، صيفا بسبب الرياح الموسـمية الصيفية ، وشتاء بسبب الرياح الموسمية الشتوية الآتية من داخلية آسيا .

اقليم البحر المتوسـط او المعتدل الدافئ (C) وفيه لا ينخفض متـوسط الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ١٠ درجة مئوية .

واقسامه كمـا يأتى :

١ ـ بحر متوسط نوع البرتغال (C2) :

معتدل الحرارة ، وامطاره شتوية ، وقليل منها صيفا .

٢ ـ بحر متوسط نوع سوريا (C4) :

شديد الحرارة صيفا ، وقليل المطر شتاء .

الاقليم المعتدل البارد (D) : ويشـتمل على فصل بارد ، ينخفض فيه متوسط الحرارة عن ١٠ درجة مئوية . **واقسامه كما يلى :**

١ ـ معتدل بارد بحرى ـ نوع بريتانى (D1) :

يسود غرب أوربا ، بحرى معتدل ،وأمطاره طول العام ، وتزداد شتاء .

٢ ـ معتدل بارد قارى ـ نوع بولندا (D3) :

مداه الحرارى السنوى كبير ، وامطاره صيفية .

٣ ـ معتدل بارد قارى ـ نوع اوكرانيا (D5) :

مداه الحرارى السنوى كبير ، وامطاره تصاعدية فى الربيع والصيف ، وهى تكفى نمو حشائش الاستبس .

٤ ـ معتدل بارد ـ نوع سواحل شرق القارات (D6 - D7) :

ويشمل سواحل منشوريا وكوريا وشمال الصين ، كما يشمل اليابان مع فارق الاعتدال بسبب طبيعتها الجزرية . وهو نوع موسمى خاص ، أمطاره صيفية ، وشتاؤه بارد جاف .

الاقليم البارد(G) : وفيه لا يرتفع متوسط أحر الشـهور عن ١٠ درجة مئوية ، **واقسامه كما يلى :**

١ ـ البارد ـ نوع النرويج (G1) :

وهو نوع بحرى ، حرارته لا تنخفض عن الصفر المئـوى ، وأمطاره طول العام ، وهى غزيزة خصوصا فى الخريف .

٢ ـ البارد ـ نوع سيبيريا (G2) :

وهو نوع قارى ، شديد البرودة شتاء ، ويسود شمال كنـدا ، وشمال أوربا شمال اسكنديناوه ، وشمال آسيا .

٣ ـ البارد ـ النـوع القطبى (G3) :

يلى النوع السابق تجاه القطب · السـنة شتاء طويل قارس البرودة ، ولا ترتفع الحرارة عن الصفر فى أكثر من شهرين كل سنة · والتساقط قليل على هيئة ثلج ·

الاقليم الصحراوى (Fl) : ويتميز بعظم المـدى الحرارى ، وبالـجفاف واقسامه كمـا يلى :

١ ـ صحراوى ـ نوع حار ـ نوع الصحراء الكبرى الافريقية (El) :

شديد الحرارة والجفاف ، ومداه الحرارى اليومى والسنوى عظيم ·

٢ ـ صحراوى ساحلى ـ نوع صحراء بيرو (E2) :

ويتمثل فى الجهات الصحراوية والمطلة على البحار ، ويتميز بحدوث الضباب بسبب وجود نسبة أكبر من بخار الماء ·

٣ ـ صحراوى بارد ـ نوع آرال (E-F) :

ويسود صحارى وسط آسيا ، وهو شديد البرودة شتاء ·

المنـاخ الجبلى(H) : ويتمثل فى الجهـات الجبلية · وهـو يختلف فى خصائصه تبعا لموقع الجبال ، ومدى تعقد تضرسها ، وتوجهات منحدراتها بالنسبة للاشعاع الشمسى ، وبالنسبة للرياح الماطرة ·

وقسمه دى مارتون الى قسمين :

١ ـ جبلى مدارى ـ نوع كولومبيا (H1) ·

٢ ـ جبلى معتدل ـ نوع الالب (H2) ·

تقـويم تقسيم دى مارتون :

دى مارتون من الرواد الأول فى محـاولات تقسيم العـالم الى اقـاليم مناخية ، وقد أحسن استخدام حروف الأبجدية كبيرها وصغيرها لترمز الى الأقاليم الرئيسية والفرعية ، وقـد سار معظم المؤلفين من بعده على هـذا النهج ·ولكن يؤخذ على تقسيمه استخدام عنصر مناخى واحد وهو الحرارة ، مما يوحى بأن التقسيم يقتصر على الأقاليم الحرارية ، كما انه لم يلتزم فى استخدامه لهـذا العنصر على أساس ثابت ، فهو قـد استخدم التبـاين فى المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة عند تمييزه لبعض الأقاليم ، واستعمل الاختلاف فى مقدار المـدى الحرارى السنوى عند تقسيمه للانـواع الثانوية للاقليم الصحراوى ، واستخدام فصلية المطر فى تمييزه لـلاقليم الموسمى وبعض الأقاليم الثانوية ·

تقســـيم كــوبين :

نشر عالم المناخ الالمانى فلاديمير كوبين عدة مؤلفات منــاخية فيما بين عامى ١٩٠٠ و ١٩٣٦ ، ظهر فيها تقسيمه للعالم الى أقاليم مناخية فى عدة صيغ ، وكانت آخر صياغة له سنة ١٩٣١ متضمنة خريطته المشهورة لأقاليم العالم المنــاخية ، وذلك فى كتــابه «قــواعد علم المنــاخ» Grundriss der Klimakunde . وصدر له فيما بين عامى ١٩٣٠ ـ ١٩٣٣ كتاب من خمسة اجزاء باسم «المرجع فى علم المنــاخ» ثم كتاب «النظــام الجغرافى للمناخ» سنة ١٩٣٦ .

ويبدو أن كوبين قد استوحى تقسيمه من دراساته المتعمقة فى فسيولوجية النبات ، وقراءته لأبحاث كل من دى كانول A. de Canolle (سنة ١٨٧٤) ودرود Drude فى الجغرافيا النباتية . ورأى بثاقب فكره أن النبات يمكن أن يكون وسيلة للتعبير عن المناخ ، لأن الحــدود التى تفصل بــين الأقاليم النباتية التى اقترحها دى كانول هى فى الواقع حدود مناخية . وعلى غرار تقسيم دى كانول لأقاليم النبات فى العــالم ، قسم كوبين مناخ العــالم الى **خمسة أقاليم رئيسية ، تقوم اربعة منها على أساس عنصرى الحرارة والرطوبة** بينما القسم الخامس وهو **الاقليم الجاف يعتمد على الرطوبة وحدها** .

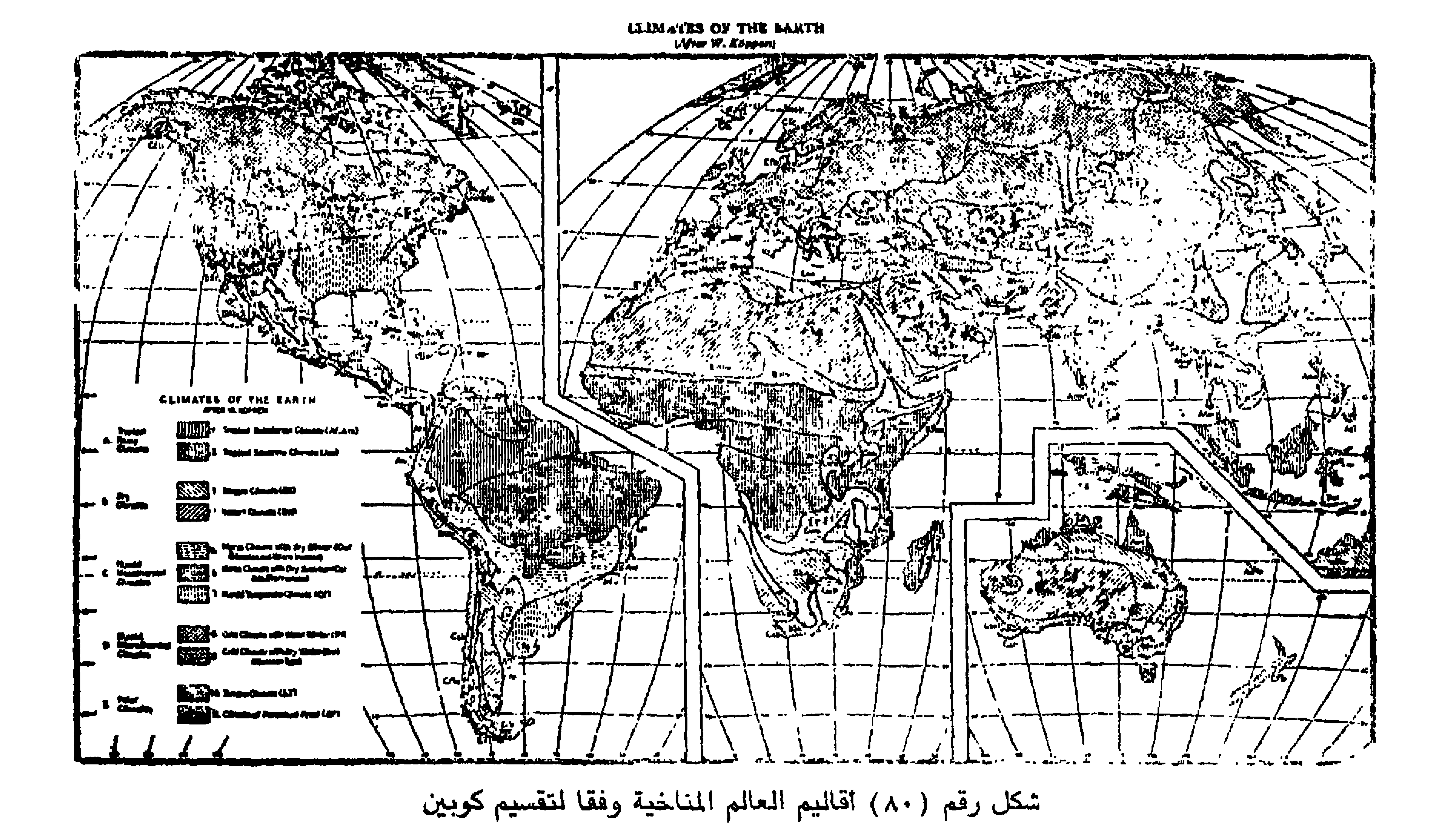
وقد قسم كوبين كلا من الأقاليم المناخية الرئيسية الخمسة الى عدد من الأقاليم الثانوية ، واعتمد فى هذا التقسيم الى أقاليم ثانوية على **كمية المطر وتوزيعه الفصلى** . ويقسم كوبين الأقاليم الثانوية الى أقاليم ثانوية أخرى ، ويعتمد هذه المرة **على التوزيع الشهرى لدرجات الحرارة** .

وقد وضع كوبين بعض المعــادلات التجريبية للتفريق بــين اقليم المناخ الجاف والأقاليم الأربعة الأخرى الرئيســية ، وتعتمد هذه المعــادلات على تحديد فاعلية المطر تبعا لموسم سقوطه ، ولذلك فهى تختلف باختلاف التوزيع الفصلى للمطر . فالأمطار التى تسقط فى فصل الشتاء البارد أكثر فاعلية من أمطار فصل الصيف الحار التى يتبخر منها قدر كبير بسبب شدة التبخر .

وبناء على هذا **صاغ كوبين ثــلاث معادلات للتمييز بــين المناخ الجاف والمناخات الأخرى ، احداها عندما تكون الأمطار طــول العام ، والثانية عندما تكون صيفية ، والثالثة عندما تكون شتوية** .

ـ فعندما تكون الأمطار موزعة على مدار السنة ، يكــون التفريق بين المناخ الجاف والمناخات الرئيسية الأخرى باستخدام **المعادلة الآتية :**

$$\frac{م}{ح} = ١$$



شكل رقم (٨٠) أقاليم العالم المناخية وفقا لتقسيم كوبين

حيث ان (م) تمثل المعدل السنوى للمطر بالسنتيمتر .

و (ح) تمثل المعدل السنوى لدرجة الحرارة بالدرجات المئوية .

فاذا كان الناتج أقل من (١) يكون المناخ جافا ، واذا كان أكبر من (١) يكون رطبـا .

- وحينما تكون الأمطار صيفية تستخدم المعادلة الآتية :

$$\frac{م}{ح + ٧} = ١$$

الرقم (٧) معامل ثابت ، ويمثل أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد منها النبات عند سقوط الأمطار .

- حينما تتركز الأمطار فى فصل الشتاء تستخدم المعادلة الآتية :

$$م = ٢ ح$$

ويمكن تلخيص الخصائص والميزات العامة للاقاليم المناخية الخمسة الكبرى واقسامها الثانوية التى ميزها كوبين فيما يلى :

الاقليم الأول : المناخ المدارى الممطر (A) Tropical Rainy Climate

ويرمز له بالحرف الكبير (A) . ويسود الأراضى التى تتميز بارتفاع الحرارة طول العام ، بحيث لا يقل معدل الحرارة فى أى شهر من شهور السنة عن ١٨ درجة مئوية . كما يتميز بغزارة الأمطار .

وقد قسم كوبين هذا الاقليم الى ثلاثة اقاليم ثانوية على أساس كمية المطر وفصليته هى :

١ - اقليم المناخ المدارى الممطر ، (وهو المعروف بالمناخ الاستوائى) ويرمز له كوبين بالحرفين(AF) ويتميز بسقوط الأمطار طول العام ، ولا تقل كمية الأمطار الساقطة فى أى شهر من شهور السنة عن ٦ سم ، وتنمو فيه الغابات الاستوائية الكثيفة.ويلاحظ فى هذا الاقليم أن الحرارة مرتفعة والمطر غزير طوال السنة ، والتغير الذى يحدث فيهما طفيف على مدار السنة .

٢ - اقليم مناخ السافانا : ويرمز له كوبين بالحرفين (Aw) ، وبه فصل جاف هو فصل الشتاء ، وتقل الأمطار فى بعض الشهور عن ستة سنتيمترات، وهو عموما أقل مطرا من الاقليم الاستوائى،لكنه يشبهه فى ارتفاع الحرارة.

٣ - اقليم المناخ الموسمى : ويرمز له كوبين بالحرفين(Am) ، وهو أكثر أمطارا من مناخ السافانا ، وبه فصل جاف قصير لا يتعدى ثلاثة أشهر ، لكن الأمطار فى باقى أشهر السنة غزيرة تعوض الجفاف وتكفى لبقاء رطوبة فى التربة السفلى مما يسمح بنمو الغابات الموسمية المدارية الرطبة .

ونظرا للتشابه بين اقليمى مناخ السفانا والمناخ الموسمى فى التوزيع الفصلى للأمطار ، فان الفصل بينهما يتم عن طريق كمية ما يسقط من **الأمطار أثناء السنة كلها وكمية المطر الساقطة فى أجف الشهور ، وذلك عن طريق المعادلة الآتية :**

$$أ = ١٠ - (\frac{م}{٢٥})$$

حيث ان (أ) تمثل المعدل الشهرى للأمطار فى أجف شهور السنة بالسنتيمتر ، وتمثل (م) المعدل السنوى للمطر بالسنتيمتر. فاذا كان المعدل السنوى للأمطار فى أجف الشهور أكبر من (م) يكون المناخ موسميا ، واذا كان هذا المعدل أقل من (م) فان نوع المناخ يكون مناخ السافانا .

وقد ميز كوبين ضمن هذه الأقاليم الثانوية أقاليما أخرى فرعية معتمدا فى ذلك على الاختلاف فى المسار الفصلى لدرجات الحرارة ، ومعدل درجة حرارة ابرد الشهور وأكثرها حرارة ، واستخدم فى التعبير عن **تلك الأقاليم الفرعية رموزا أخرى كما يلى :**

أ ـ المناخ المدارى الذى يكون فصل الصيف فيه هو فصل الجفاف ، ويرمز له بالحرفين (As) .

ب ـ المناخ المدارى الذى يقل فيه المدى الحرارى السنوى عن ٥ درجة مئوية ، ويرمز له بالحروف (Ai) .

جـ ـ مناخ سهول نهر الكانج حيث يسبق أحر الشهور موعد حدوث الانقلاب الصيفى ، ويتركز المطر فى أشهر الصيف .

الاقليم الثانى ـ اقليم المناخ الجاف (B) Dry Climate :

يتميز هذا الاقليم بارتفاع نسبة التبخر بحيث لا يفيض من الأمطار الساقطة ما يسمح بالجريان السطحى ولا بالبقاء فى التربة . ونبات هذا الاقليم فقير للغاية ، وتختلف كثافته من مكان لآخر تبعا للأمطار وقيمتها الفعلية التى ترتبط بالحرارة .

وقد قسم كوبين هذا الاقليم الذى يرمز له بالحرف الكبير (B) الى **اقليمين ثانويين هما :**

١ ـ **اقليم المناخ الصحراوى الجاف**،ويرمز له كوبين بالحرفين الكبيرين (BW) ، ويقسمه الى اقليمين فرعيين تبعا للحرارة على النحو الآتى :

أ ـ **مناخ صحراوى جاف** يزيد فيه المعدل السنوى للحرارة عن ١٨

درجة مئوية ، ويرمز له بالحروف (BWh) • وحرف (h) هو الحرف الأول من الكلمة الألمانية heiss بمعنى حــار •

ب ـ مناخ صحراوى جاف يقل فيه المعـدل السنوى للحرارة عن ١٨ درجة مئوية،ويرمز له بالحروف (BWK) • وحرف (K) هو الحرف الأول من الكلمة الألمانية kalt بمعنى بارد •

٢ ـ اقليم المناخ الصحراوى شبه الجاف أو مناخ الاستبس ، ويرمز له كوبين بالحرفين الكبيرين (BS) • ويقسمه الى اقليمين فرعيين تبعا للحرارة كالآتى :

أ ـ مناخ شـبه صحراوى يزيد فيه المعدل السـنوى للحرارة عن ١٨ درجة مئوية ورمزه الحروف (BSh) •

ب ـ منـاخ شبه صحراوى يقل فيه المعدل السـنوى للحرارة عن ١٨ درجة مئوية ورمزه الحروف (BSk) •

ويمكن التمييز بين اقليمى المناخ الصحراوى الجـاف (BW) وشبه الجاف (BS) عن طريق استخـدام المعادلات الثلاث التى سبـق ذكرها ، والتى استخدمناها للتمييز بين المناخ الجاف والمناخ الرطب ، وذلك بعد أن نقسم كلا منها على اثنين بـحيث تصبح على الأشكال الآتية :

- عندما تكون الأمطار شتوية الموسم : $\frac{م}{ح} = ١$

- عندما تكون الأمطار صيفية : $\frac{م}{ح} + ١٤ = ١$

- عندما تكون الأمطار موزعة على مدار السنة : $\frac{م}{ح} + ٧ = ١$

فاذا كانت نتيجة أى من تلك المعـادلات الثلاث أكثر من واحـد ، فان المناخ يكون شبه جـاف أو مناخ استبس ، أما اذا كـانت النتيجة أقل من الواحد فان المناخ يكون صحراويا جافا •

الاقليم الثالث ـ اقليم المناخ المعتدل الرطب : Humid Mesothermal Climate

ويرمز له كوبين بالحرف الكبير (C) • وتتراوح حرارة أبرد الشهور فيه بين ١٨ و ـ ٣ درجة مئـوية • ويقسمه كوبين الى ثـلاثة أقاليم ثانوية تبعا لفصلية المطر هى :

١ ـ مناخ معتدل ممطر طول العام : ورمزه الحرفان (Cf) ، ويتميز

بأن كمية الأمطار الساقطة فى شهر من شهور السنة لا تقل عن ٣ سم ، وهو مناخ شرق القــارات ٠

٢ ـ مناخ معتــدل جاف صــيفا : ورمزه الحرفــان (Cs) ، وأمطاره شتوية ، وكميتها تزيد على ٧٠٪ من كمية الأمطار السنوية ٠ وهذا هواقليم مناخ البحر المتوسط ٠ وفيه تزيد كمية امطار أكثر شهور الشتاء مطرا على ثلاثة أمثال امطار أجف شهور الصيف ٠

٣ ـ مناخ معتدل جاف شتاء : ورمزه الحرفان (Cw) وأمطاره صيفية٠ وفيه تزيد الأمطار فى أكثر شهور الصيف مطرا على عشرة أمثــال الأمطار التى تسقط فى أجف شهور الشتاء ٠ أو يكون نصيب أمطار الصيف أكثر من ٧٠٪ من أمطار السنة كلها (مناخ جنوب الصين) ٠

ويقسم كوبين هذه الأقاليم الثانوية للمناخ المعتــدل الرطب الى أقاليم أخرى فرعية بحسب درجات الحرارة ، **ويرمــز لها بأحرف صغــيرة على النحــو التــالى :**

□ **مناخ معتدل رطب صيفه حار** ، حيث يزيد معدل درجة حرارة أحر شهور الصيف على ٢٢ درجة مئوية ٠ ورمزه (a) يضاف الى الرموز السابقة٠

□ **مناخ معتدل رطب صيفه حــار Cool** : وفيه يقل متــوسط أعلى الشهور حرارة عن ٢٢ درجة مئوية ويزيد المعــدل الحرارى عن ١٠ درجة مئوية اثناء أكثر من أربعة أشهر ، ورمزه (b) يضاف الى الرموز السابقة ٠

□ **مناخ معتدل رطب وصيفه قصير وبــارد نوعا** : وفيه يرتفع معدل الحرارة عن ١٠ درجة مئوية أثنــاء مدة تقل عن أربعــة أشهر كل سنة ، ورمــزه (c) يضاف الى الرموز السابقة ٠

□ **مناخ معتدل رطب قمــة مطره فى أواخر الخريف وأوائل الصيف :** ورمزه (x) يضاف الى الاحرف السابقة ٠

□ **مناخ معتدل رطب يكثر به حدوث الضباب : ورمزه (n)** الحــرف الأول من الكلمة الألمانية nebel ومعناها ضباب،يضاف الى الأحرف السابقة٠

الاقليم الرابع ـ اقليم المناخ البارد الرطب :

ويرمز له كوبين بالحرف الكبير (D) :

ويقسمه كوبين الى اقليمين ثانويين تبعا لنظام سقوط المطر هما :

١ ـ مناخ بارد رطب ممطر طول العام : ورمزه حرفان (Df) ويسود السواحل الغربية من القارات ٠

٢ ـ مناخ بارد رطب جاف شتاء : ورمزه(Dw) ،ويتمثل هذا النوع فى

شمال شرق آسيا حيث يرابض ضغط جوى مرتفع طول العام.وتتجمد التربة فى فصل الشتاء لشدة برودته.وتبقى الأراضى مغطاة بالثلوج عدة شهور .

ويميز كوبين ضمن المناخ البارد عددا من الأقاليم الفرعية أهمها الاقليم الذى يرمز له بالحرف الصغير (d) مضافا الى الأحرف السابقة . وفيه تنخفض الحرارة انخفاضا شديدا ، حيث يقل المعدل الحرارى لأبرد الاشهر عن ٣٨ درجة تحت الصفر المئوى .

الاقليم الخامس : اقليم المناخ القطبى Polar :

ويرمز له كوبين بالحرف الكبير (E) .

وهو الاقليم الذى لا يزيد المعدل الحرارى لأدفأ الشهور فيه على ١٠ درجة مئوية . ويقسم كوبين المناخ القطبى الى اقليمين ثانويين على أساس طول فصل النمو النباتى **على النحو الآتى :**

١ - **اقليم مناخ التندرا :** ورمزه الحرفان الكبيران (ET) ويتميز بفصل نمو قصير ، فيه ترتفع الحرارة عن الصفر المئوى فى مدة لا تزيد على ثلاثة اشهر ، لكنها لا تزيد على ١٠ درجة مئوية .

٢ - **اقليم المناخ المتجمد أو المناخ الجليدى :** ورمزه الحرفان الكبيران (EF) وينعدم فيه وجود فصل نمو نباتى،ذلك لأن حرارة جميع شهور السنة تنخفض الى ما دون الصفر المئوى . ويتمثل فوق مناطق الجليد الدائم .

تقييم تقسيم كوبين :

لقى تقسيم كوبين اقبالا شديدا لدى جمهرة علماء المناخ والجغرافيا المناخية منذ ظهوره وحتى وقتنا الحالى ، بحيث لا يخلو كتاب مناخى من شرحه شرحا وافيا ، كما تعتمده كل الدراسات المناخية الاقليمية ، لما لهذا التصنيف من مزايا أهمها ما يلى :

١ - يمتاز هذا التقسيم ببساطته ودقته وموضوعيته .

٢ - حسن اختيار صاحبه للاحرف كبيرها وصغيرها للتعبير عن الميزات المناخية للاقاليم الرئيسية والثانوية والفرعية .

٣ - رغم أن تصنيف كوبين تصنيف تجريبى ، **فان حدود اقاليمه المناخية تتفق مع حدود اقاليم معظم التقسيمات الأصولية . فهو يجمع اذن بين مزايا التصنيفات التجريبية والأصولية كما يرى تريوارتا احد المعضدين لتقسيم كوبين .**

وقد تعرض التقسيم لكثير من النقد الذى تعرضت له كل التقسيمات التى

تلته سواء تلك التى اعتمدت عليه كتقسيم تريوارثا أو التقسيمات الأخرى الأصولية · **ومن بين أوجه النقد ما يلى :**

١ ـ ان وضع حدود فاصلة بين الأقاليم المناخية بدقة أمر صعب لسببين:

الأول : أن التغير من اقليم لآخر يحدث بصورة تدريجية غير فجائية ، وبالتالى فهناك اقاليم او مناطق انتقالية أهملها كوبين ، تفصل بين الأقاليم المناخية المتجاورة ·

الثانى : النقص الكبير فى عدد المحطات المتيورولوجية ، وبالتالى النقص فى البيانات والمعلومات المناخية التى يمكن الاستناد اليها فى وضع حدود فاصلة دقيقة بين مختلف الاقاليم المناخية ·

٢ ـ اقترح كثير من البحاث تعديلات على الأقاليم الثانوية والفرعية باضافة حروف تدل على زيادة أو نقص فى الحرارة أو فى المطر ، كما اقترح بعضهم تعديلات فى المعادلات التى ميزها كوبين للتفريق بين مختلف الاقاليم· والواقع أن اى تقسيم معرض للتعديل فى ضوء المعلومات والبيانات الجديدة ، بل ان كوبين قد أجرى مثل هذه التعديلات فى مؤلفاته المتتابعة · **وليس أدل على أصالة تقسيم كوبين سعة انتشاره وتواصل استخدامه ·**

تقسـيم تريوارثـا :

يعد تقسيم تريوارثا G. T. Trewartha الذى نشره عام ١٩٣٧ ، وأعاد صياغته مع اضافات جديدة فى سنة ١٩٥٤ ، **صورة معدلة من تقسيم كوبين·** وقد قصد تريوارثا من التعديلات المحدودة التى أجراها على تقسيم كوبين ، أن يتلافى أوجه القصور وبحيث يظل التقسيم مبسطا سهلا ، ومن ذلك أنه أهمل تمييز أنواع مختلفة من مناخ المرتفعات كما فعل كوبين ، وحجته فى ذلك أن ظروف مناخ المرتفعات الكثيرة التضرس معقدة ، اضافة الى قلة المعلومات والبيانات الخاصة بمناخ المرتفعات لقلة المحطات المتيورولوجية بهـا ·

ومن بين التعديلات الأخرى التى أجراها تريوارثا على تقسيم كوبين مـا يلى :

١ ـ استخدم تريوارثا متوسط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد شهور السنة حدا يفصل مناخ الصحارى الحارة عن الصحارى الباردة ضمن أقاليم المناخ الجاف (B) وذلك بـدلا من متوسـط الحرارة ١٨ درجة مئوية الـذى استخدمه كـوبين ·

٢ ـ استخدم تريوارثا متوسط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد شهور

شكل رقم (٨١) اقاليم العالم المناخية وفقا لتقسيم ثرنوايت

السنة حدا يفصل بين المناخ المعتدل الرطب (C) والمناخ البارد الرطب (D) وذلك بدلا من متوسط الحرارة ٣ درجة مئوية تحت الصفر ٠

٣ ـ استخدم تريوارثا الاختلاف فى متوسطات الحرارة فى فصل الصيف للتمييز بين اقاليم المناخ الثانوية ضمن اقليم المناخ البارد الرطب (D)، بدلا من الاختلاف فى فصلية المطر كما فعل كويبن ٠

٤ ـ قسم تريوارثا اقليم المناخ المعتدل الرطب الدفيىء الى ثلاثة أقاليم ثانوية كما فعل كويبن ، لكنه اختلف عنه فى الاقليم الثانوى Cw (نوع معتدل جاف شتاء) فجعله Ca (مناخ شبه مدارى رطب)،وفى الاقليم Cf (معتدل ممطر طول العام) فجعله Cb (نوع السواحل الغربية ممطر طول العام) ٠

من هذا نرى أن التعديلات التى أجراها تريوارثا على تقسيم كويبن طفيفة ٠ فتقسيمه العالم الى خمسة أقاليم مناخية كبرى تنقسم الى أقاليم ثانوية وفرعية يتمشى مع تقسيم كويبن ، كما انه استخدم نفس رموز تقسيم كويبن ٠

ويحسن بنا الآن أن نجمل الخصائص العامة لتقسيم تريوارثا على النحو التالى :

الاقليم الأول : المناخ المدارى الممطر Tropical Raing Climate :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير(A) ٠ ويتمثل فى النطاق الاستوائى ويتصف هذا الاقليم بارتفاع حرارته وغزارة أمطاره طول العام ، ولا تقل درجة حرارة أبرد الشهور عن ١٨ درجة مئوية ، وأمطاره انقلابية ٠

وينقسم الى اقليمين ثانويين هما :

١ ـ مناخ مدارى ممطر طول العام (Af , Am) وتنمو فيه غابات استوائية ٠

٢ ـ مناخ مدارى جاف شتاء (Aw) ، ومطره صيفى وتنمو به حشائش السافانا ٠

الاقليم الثانى ـ المناخ الجاف Dry Climate :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (B) ويقع فيما وراء المدارين،وتصله الرياح التجارية جافة ، وفاقد الماء فيه بالتبخر يفوق المكتسب بالمطر ٠

وقد قسمه تريوارثا الى اقليمين ثانويين ، كما قسم كلا من الاقليمين الثانويين الى اقليمين فرعيين على النحو الآتى :

١ ـ المناخ الصحراوى الجاف (BW) ، وله اقليمان فرعيان هما :

□ مناخ صحراوى جاف وحار (BWh)

□ مناخ صحراوى فى العروض الوسطى جاف وبارد (BWk).

والحد الفاصل بينهما متوسط الحرارة صفر مئوى لأبرد الشهور .

٢ ـ المناخ الصحراوى شبه الجاف أو الاستبس (BS) ، وينقسم الى اقليمين فرعيين همـا :

□ مناخ صحراوى حار مدارى به فصل ممطر قصير (BSh) .

□ مناخ صحراوى بارد فى العروض الوسطى به فصل ممطر قصير (BSk)
والحد الفاصل بينهما هو أيضا متوسط الحرارة صفر مئوى لأبرد الشهور .

الاقليم الثالث ـ المناخ المعتدل Humid Mesothermal :

ورمزه الحرف الكبير (C) . وشتاؤه معتدل الحرارة وقصير ، وتتراوح حرارة أبرد الشهور فيه بين ١٨ وصفر درجة مئوية (بـدلاً من ـ ٣°م عند كوبين) وتختلف كمية الأمطـار وفصليتها من جهة لأخرى حسـب تعرضها للرياح العكسية الغربية وأعاصيرها .

وينقسم هذا الاقليم الى ثلاثة أقاليم ثانوية هى :

١ ـ نـوع البحر المتوسط (Cs) : وهو ممطر شتاء ، وجاف صيفا .
ويقسمه تريوارثا الى اقليمين فرعيين حسب حرارة الصيف هما :

□ بحر متوسط حار صيفا (Csa) .

□ بحر متوسط معتدل صيفا (Csb) .

٢ ـ نوع شبه مدارى رطب (Ca): صيفه حار وهو يقابل Cw عنـد كوبين . وقد قسمه تريوارثا الى اقليمين فرعيين هما :

□ شبه مدارى ممطر صيفا وشتاؤه جاف (Caw) .

□ شبه مدارى ممطر طول العام (Caf) .

٣ ـ نوع بحرى ممطر طول العام وهو نوع السواحل الغربية للقارات Cb , Cc ، وصيفه بارد نوعا Cool .

الاقليم الرابع ـ المناخ البارد الرطب Humid Micro Thermal :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (D) .

ويسود الجهات المعتدلة الباردة والجهات الباردة ، وفيه لاتزيد حرارة أحر الشهور على ١٠°م ، وتنخفض حرارة أبرد الشهور عن الصفر المئوى . وتهب علية الرياح الغربية وأعاصيرها كما تهب عليه الرياح القطبية الباردة.

ويقسم تريوارثا هـذا الاقليم الى أربعة اقاليم ثانوية تبعـا للتباين فى درجات الحرارة هى :

١ ـ مناخ قارى رطب صيفه حار ، فيه تزيد حرارة أحر الشهور على ٢٢ درجة مئوية (Da) .

٢ ـ مناخ قارى رطب صيفه بارد نوعا Cool ، وفيه تقل حرارة أحر الشهور عن ٢٢ درجة مئوية .

٣ ـ مناخ شبه قطبى بارد ، وشتاؤه قارس البرودة . وفيه تقل حرارة أبرد الشهور عن ٣٨ درجة مئوية تحت الصفر (Dc , Dd) .

الاقليم الخامس ـ المناخ القطبى Polar Climate :

ورمزه (E) ، ويتمثل فى الجهات الواقعة فيما وراء الدائرتين القطبيتين وحتى القطبين . ويتاثر بهبوب الرياح القطبية الشـديدة البرودة ، ولهذا يختفى فيه فصل الدفء ، ذلك أن أكثر شهور السنة حرارة يقل عن ١٠°م.

ويقسمه تريوارثا الى اقليمين ثانويين هما :

١ ـ مناخ التندرا ET . ٢ ـ مناخ الغطاءات الجليدية EF .

الاقليم السادس ـ مناخ الجبال : ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (H) .

تقسيم ثورنثـويت :

تقسـيم ثورنثويت C. W. Thornthwaite تقسيم تجريبى مثل تقسـيم كوبين ، لكن أسس التقسيمين مختلفة . فتقسـيم كوبين اعتمد أصـلا على التوزيع الجغرافى للنبات الطبيعى ، لأنه انعكاس للظروف المناخية ، أمـا ثورنثويت فقد اعتمد عناصر المنـاخ ذاته ممثلة فى الموازنة المـائية للتربة للتمييز بين الأنواع المناخية .

وقد قـدم ثورنثويت ثـلاثة تقاسيم متتالية فى أعـوام ١٩٣١ و ١٩٤٨ و ١٩٥٥ . ويقوم تقسيم ١٩٥٥ أساسا على تقسيم ١٩٤٨ مع اجراء بعض التعـديلات الجذرية .

وفيما يلى عرض موجز لتقسيم سنة ١٩٤٨ ، وتقسيمه المعدل عام ١٩٥٥.

يقوم كلا التقسيمين على أسس أربعة هى :

١ ـ معامل الرطـوبة . ٢ ـ فاعلية الحرارة .

٣ ـ فصلية الرطوبة . ٤ ـ التركز الصيفى لفاعلية الحرارة .

والواقع أن كثيرا من الباحثين الذين يدرسون تبعا لتقسيم ثورنثويت

يكتفون بتعيين أقاليم الرطوبة فى المنطقة التى يدرسونها،لأن قرينة الرطوبة هى أهم عناصر تقسيم ثورنثويت .

ويحتاج الباحث لتقسيم اى محطة مناخية تبعا لتقسيم ثورنثويت الى تسجيلات العناصر المناخية الاتية :

- المعدل الشهرى لدرجات الحرارة .
- المعدل الشهرى للامطـار .
- المعدل الشهرى للتبخر والنتح الكامن .
- المعدل الشهرى للتبخر والنتح الحقيقى .
- رطوبة التربة .
- الفائض المـائى .
- العجز المـائى .
- معامل الرطوبة .

ويتم حساب معامل الجفاف ،ومعامل الفائض المائى،ومعامل الرطوبة، من العلاقة بين الفائض المائى والعجز المائى والحـاجة المائية ، وذلك على النحـو التـالى :

$$\text{معامل الفائض المائى} = \frac{\text{الفائض المائى} \times ١٠٠}{\text{التبخر والنتح الكامن}}$$

ويتم حسابه لكل شهر ، وهو مقياس لـمـدى زيادة كمية المطر الشهرية على معدل التبخر والنتح .

$$\text{معامل الجفـاف} = \frac{\text{الفائض المائى} \times ١٠٠}{\text{التبخر والنتح الكامن}}$$

ويعتبر معامل الجفاف مقياسا لعدم قدرة اقليم ما على توفير احتياجاته المائية من مصادره المحلية .

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{العجز المائى} \times \text{الفائض المائى} - ٦٠ \times ١٠٠}{\text{التبخر والنتح الكامن}}$$

اقاليم الرطوبة عند ثورنثويت :

قسم ثورنثويت أنواع المناخ وفق معامل الرطوبة كالآتى :

اقليم رطب جدا ورمزه A ومعامل رطوبته اكثر من ١٠٠ .

اقليم رطب ورمزه B .

وهو ينقسم الى أربعة اقاليم رطوبة حسب تفاوت معامـلات الرطوبة كـالآتى :

الرمز B1 ومعامل رطوبته ١٠٠ ـ ٨٠ B2 ومعامل رطوبته ٨٠ ـ ٦٠

الرمز B3 ومعامل رطوبته ٦٠ ـ ٤٠ B4 ومعامل رطوبته ٤٠ ـ ٢٠

اقليم شبه رطب ورمزه C .

وينقسم الى اقليمين :

أحدهما مائل للرطوبة ومعامل رطوبته ٢٠ ـ صفر ٠

والثانى مائل للجفاف ومعامل رطوبته صفر الى ـ ٢٠ ٠

اقليم شبه جاف ورمزه D ومعامل رطوبته ـ ٢٠ الى ـ ٤٠ ٠

اقليم جاف ورمزه E ومعامل رطوبته ـ٤٠ الى ـ٦٠ ٠

الأقاليم الحرارية عند ثورنثويت :

اعتبر ثورنثويت أن طاقة التبخر والنتح الكامن والتى تساوى ١١٤ سم تفصل بين الأقاليم المناخية الحار والمعتدلة ، والتى ميزها على النحو الآتى:

اقليم حـار : وفاعلية حرارته أكثر ٥ر١١٤ ٠

اقليم معتدل ، ينقسم الى أربعة أقاليم ثانوية :

الأول فـاعلية حـرارته بين ٥ر١١٤ ـ ٧ر٩٩

والثانى فاعلية حرارته بين ٧ر٩٩ ـ ٥ر٨٥

والثالث فاعلية حرارته بين ٥ر٨٥ ـ ٢ر٧١

والرابع فاعلية حرارته بين ٢ر٧١ ـ ٥٧

اقليم بارد ، وينقسم الى اقليمين :

الأول فـاعلية حرارته بـين ٥٧ ـ ٧ر٤٢

والثانى فاعلية حرارته بـين ٧ر٤٢ ـ ٥ر٢٨

اقليم تندرا : وفاعلية حرارته ٥ر٢٨ ـ ٢ر١٤ ٠

اقليم متجمد : وفاعلية حرارته أقل من ٢ر١٤ ٠

وفى تقسيم عام ١٩٥٥ أصبح معامل الرطوبة يحسب تبعا للمعادلة الآتية:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{١٠٠} \times (\text{الفائض المائى} - \text{العجز المائى})}{\text{التبخر والنتح الكامن}}$$

= معامل الفائض المائى – معامل الجفاف ٠

تقييم تقسيم ثورنثويت :

لتقسيم ثورنثويت مزايا يمكن اجمالها فيما يلى :

١ ـ يقـوم على أسس منـاخية بحتة ، وليس على أسـاس التوزيع الجغرافى للنبات الطبيعى ٠

٢ ـ يعطى قيما متصلة للاقاليم المناخية وليس حدودا فاصلة ثابتة ٠

٣ ـ للموازنة المـائية التى يقوم عليها تطبيقات كثـيرة فى المجالات الزراعية والبيئية ٠

وقد رحب عدد من بحاث المناخ بتقسيم ثورنثويت واستعملوه فى جهات مختلفة من العالم ، خاصة أواخر الخمسينيات وأوائل الستينيات ، وحاولوا تطوير معامل الرطوبة واساليب استعمال هذا التقسيم للصعوبات الكثيرة التى تواجه الباحث المناخى عند استخدامه لهذا التقسيم**والتى منها:**

١ ـ أن أهم عنصر فى التصنيف هو معامل الرطوبة التى تمثل الرمز الاول فيه ، أما فصلية الرطوبة والتركز الصيفى لفاعلية الحرارة فاهميتها قليلة ، فضلا عن أنهما تجعلان التقسيم معقدا دون أن تقدما له فائدة تذكر .

٢ ـ استخدام الاسس الأربعة ، رغم عدم جدوى ثلاثة أو اثنين منها على الأقل ، فى التقسيم المناخى ، يجعل الأقاليم المناخية فى اية منطقة كبير جدا ، فقد قدر عدد أقاليم الصين المناخية بناء على تقسيم ثورنثويت أكثر من مائة . وهذا يجعل امكانية تقسيم العالم كله الى أقاليم مناخية بناء على هذا التقسيم أمرا مستحيلا .

٣ ـ لم يقترح ثورنثويت أسماء للأقاليم المناخية والثانوية والفرعية بل اكتفى بالرموز ، ونظرا لكثرتها يصعب استيعابها واستخدامها .

٤ ـ صعوبة قياس التبخر والنتح وعدم توفر البيانات الخاصة بهما فى كثير من انحاء العالم .

٥ ـ صعوبة جمع كل التصنيف فى خريطة واحدة ، فلابد من استعمال أربع خرائط منفصلة يمثل كل منها عنصرا من عناصر التقسيم .

التقسيمات الأصولية :

تعتمد التقسيمات الأصولية للاقاليم المناخية فى العالم على أساس العوامل التى تؤثر على المناخ ، وليس على العلاقة بينه وبين عناصر البيئة الأخرى كالتقسيمات التجريبية . ولم تصادف هذه التقسيمات الاقبال والشهرة اللتين حظيت بهما التقسيمات التجريبية .وسبب ذلك أن التقسيمات الاصولية سواء القائم منها على المناخ الطبيعى أم المناخ الديناميكى تعطى أقاليم مناخية عامة ، أضف الى ذلك أن المعلومات الخاصة بالظواهر المناخية كالاشعاع الشمسى والكتل الهوائية ماتزال قاصرة ، ومن ثم تصبح التقسيمات الأصولية فى معظمها وصفية غير كمية .

وتعتمد بعض التقسيمات الاصولية على معطيات علم المناخ الطبيعى كالاشعاع الشمسى الذى تقوم عليه تقسيمات كل من بوديكو Budyko وتيرجونج Terjung ، بينما تقوم تقسيمات أصولية أخرى على قواعد المناخ الديناميكى كالكتل الهوائية التى تعتمد عليها تقسيمات كل من هيرمان فلون H. Flohn وجون أوليفر J. Oliver .

وسنعرض هنا لتقسيم **بوديكو** كمثال للتقسيمات الأصولية التى تعتمد على مبادىء علم المناخ الطبيعى، ولتقسيم **فلون** كمثال للتقسيمات الأصولية التى تعتمد على مبادىء المناخ الديناميكى .

تقســيم بــوديكو :

يقوم تصنيف بوديكو على أساس الاشعاع الشمسى ، لذلك فهـو تقسيم أصولى . وقد استعمل بوديكو النسبة بين صافى الاشعاع Radiation Balance فى أى منطقة ومقدار الطاقة اللازمة لتبخير التساقط فى تلك المنطقة ، وقد أطلق على هذه النسبة معامل الاشعاع للجفاف Radiation Index of Dryness وقد اقترح بوديكو لايجاد معامل الجفاف المعادلة التالية :

$$K = \frac{R}{Lr}$$

حيث ان :

K : معامل الاشعاع للجفاف .

R : صافى الاشعاع أو موازنة الاشعاع Radiation Balance

L : ٦٠٠ سعر حـرارى

r : كمية التساقط (الامطار) بالملليمتر .

ولاستخراج قيمة صافى الاشعاع أو موازنة الاشعــاع R قـدم بوديكو المعـادلة الآتية :

$$R = QN (1 - A) - E$$

حيث ان :

QN : مجموع الاشعاع الشمسى . A : معامل ثابت مقداره ٢ر٠

E : معامل الاشعاع/سعر/سم٢/سنة .

هذا وقد رأى بوديكو أنه اذا كان المكان أو المنطقة محل الدراسة مسطحا مائيا فان معامل الجفاف يقل عن واحد بينما يزيد عن واحد فى المناطق القارية كما يتضح من الجدول الآتى :

تقســـيم بــوديكو

الاقليم المناخى	معامل الجفــاف (النسبة بين صافى الاشعاع والحرارة اللازمة للتبخر)
صحــــراوى	أكبر من ٣
شبه صحراوى	٢ – ٣
اســــتبس	١ – ٣
غابــــات	٣٣ر٠ – ١
تنــــدرا	أقل من ٣٣ر٠

والتقسيم كما هو واضح تصنيف عام ، كما أن المعلومات الخاصة بصافى الاشعاع غير متوفرة فى كثير من محطات الرصد على مستوى العالم .

تقســـيم فلـــون :

شرح هيرمان فلون أستاذ المناخ الألمانى افكاره الخاصة بهذا التقسيم فى عدة ابحاث نشرت بمجلات المانية ابتداء من سنة ١٩٥٠ وحتى عام ١٩٦٤ . ويقوم هذا التقسيم المناخى الأصولى على نوع الكتل الهوائية التى تؤثر فى كل اقليم من الأقــاليم المناخية الســبعة التى اقترحها فلون . **والواقع أن التقسيم المناخى المعتمــد على الكتل الهوائية هو اكثر التقســيمات ملاءمة لطبيعة المناخ ، لأن أهم مميزات الغلاف الجوى تتمثل فى الحركــة والتغير المستمر** ، ولهذا فان التقسيم يمثل نظاما مناخيا يمتاز بالتغير الديناميكى المستمر . ويواجه التقدم فى مجال التقسيمات الأصولية القــائمة على المناخ الديناميكى ما تتصف به الكتل الهوائية من تغير وتبدل فى خصائصها ، فهى فى الوسط عنيفة وتضعف تجاه الاطراف ، كما أن كتل الهواء الشتوية تختلف عن كتل الهواء الصيفية ، ولهذا فان اطلاق رمز معلوم واحد على كتلة هوائية تحوى كل هذا التباين يبدو غير مناسب .

ولقد كان العالم الألمانى الفريد هيتنر A. Hettner أول من استخــدم الكتل الهوائية أساسا لتقسيم مناخى سنة ١٩٣١ ، لكن هــذا التقسيم كان وصفيا غير دقيق . وكان تقسيم فلون البداية الحقيقية للتقسيمات المناخية الأصولية الديناميكية ، وقد تبعه عــدد من التقسيمات مثل تقســيم شترالر Strahler وأوليفر Oliver .

وقد أطلق هيرمان فلون على أقاليمه **المناخية السبعة تعبير نطاق Zone بدلا من كلمة اقليم Region** ، وكل نطاق يضم فى الواقع أكثر من اقليم واحد من اقاليم كوبين . وفيما يلى ، عرض موجز لتلك النطاقات مع ذكر لأقاليم كوبين المناخية التى تحتويها او تتفق معها :

١ ــ نطــاق ما بين المدارين :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين : اقليم مناخ Af الاستــوائى ، واقليم منــاخ Am المدارى الموسمى الرطب . ويصف فلون مناخ هذا النطاق بأنه يتأثر بالهواء الصاعد وبالأمطار الانقلابية التى تسقط طوال العام ، وتنمو فيه الغابات الاستوائية . وفى هذا النطــاق تهب الرياح التجارية الشرقية وتنحرف فى اتجاهها فتصبح غربية فتسقط المطر اثناء معظم السنة ، وهنا تنمو الغابات الموسمية .

النطــاق المــدارى :

وفيه اقليمان من أقــاليم كوبين هما : اقليم Aw مدارى جــاف شتاء وتنمو به السافانا ، وجزء من اقليم (Cw) مناخ جنوب الصين • وتسوده الرياح التجارية الجافة شتاء،والتجارية الغربية (الموسمية) الممطرة صيفا• وفيه تنمو السافانا ، وحيثما كثر المطر تنمو غابات الأروقة أو الدهاليز •

٣ ــ النطاق شبه المدارى الجاف :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين هما : BS شبه جاف أو استبس ،و BW صحراوى جاف • وتسود فى هذا النطاق الرياح التجارية كما يرابض فوقه ضغط جوى مرتفع طوال العام ، ولهذا فهو اما جاف أو تنبت به حشائش فقيرة تبعا لكمية الأمطار الساقطة القليلة •

٤ ــ النطاق شبه المدارى الممطر شتاء :

وهو يتفق مع اقليم مناخى واحد من أقاليم كوبين هو (Cs) مناخ البحر المتوسط • وتسوده الريــاح العكسية باعاصيرها شتاء ، والريــاح التجارية الجافة صيفا • ومطره شتوى ، وأشجــاره دائمة الخضرة ذات خصــائص تمكنها من تحمل جفاف الصيف •

٥ ــ النطاق المعتدل الرطب الغربى خارج المدارين :

ويتفق مع اقليم مناخ CF عند كوبين وهو المناخ المعتدل الدافىء الرطب طول العام • وتسوده الرياح العكسية باعاصيرها طوال العام • والمطر دائم مع كثرة فى الشتاء • وتنمو به الغابات النفضية والمختلطة •

٦ ــ النطاق البارد وشبه القطبى :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين هما (Df) بارد ممطر طول العام ويكثر مطره شتاء ، و (Dw) بارد جاف شتاء ممطر صيفا • وعنــد فلون أن هذا النطاق يتميز بامطار محدودة طوال العام ، لكنه يضم نوعا قاريا Boreal يمتاز بامطار صيفية ، وثلــوج شتوية • ويتاثر النطــاق عمــوما بالرياح العكسية ، وبالرياح القطبية شتاء • وتنمو به الغابات الصنوبرية،أو اعشاب التندرا الفقيرة (ET تندرا عند كوبين) •

٧ ــ النطاق القطبى المرتفع :

ويتفق مع نوع المناخ الجليــدى عند كوبين EF ، وتهــب عليه الرياح القطبية الباردة طوال العام ، ويسقط الثلج بكميات محــدودة ، وأراضيه مغطاة بالجليــد •

الفصل الثانى عشر

الاقــاليم المنــاخية

خصائصها وتوزيعها على سطح الأرض

ـ اقليم المناخ المدارى المطر واقاليمه الثانوية وهى :

الاقليم الاستوائى ، الاقليم الموسـمى المطر ، اقليم المناخ المـدارى الرطب ـ الجاف أو مناخ السافانا .

ـ اقليم المناخ الجاف واقاليمه الثانوية وهى :

المناخ الجاف فى العروض المـدارية وشبه المدارية ، مناخ الصحـارى الحارة ، مناخ السواحل الغربية للصحـارى الحارة ، منـاخ الاستبس فى العروض الحارة ، المناخ الجاف فى العروض الوسطى .

ـ اقليم المناخ المعتدل الرطب واقاليمه الثانوية هى :

مناخ البحر المتوسط ، المناخ الصينى ، مناخ السواحل الغربية .

ـ اقليم المناخ البارد الرطب واقاليمه الثانوية وهى :

المناخ القارى الرطب ذو الصيف الدافىء ، والقارى الرطب ذو الصيف البارد نسبيا ، والمناخ شبه القطبى .

ـ اقليم المناخ القطبى واقاليمه الثانوية وهى :

مناخ التندرا ، مناخ الغطاءات الجليدية .

ـ اقليم مناخ الجبال :



تمهيـــــد :

عرضنا فى الفصـل السابق مختلف التقسيمات المنـاخية ، وعرفنا أن تقسيم فلاديمير كوبين هو أشهر التقاسيم وأكثرها استعمالا ، وأوفرها حظوة لدى كثير من بحاث المناخ ومنهم تريوارثا ، الذى اتخذه أساسا لتقسيمه فى عام ١٩٣٧ مع بعض التعديلات الطفيفة . لكن تريوارثا حاول أن يصنع منه تقسيما متكاملا باضافة أسس التقسيمات الاصولية الى الاسس التى قام عليها تقسيم كوبين وهى أسس تجريبية .

ويرى تريوارثا أن تقسيم كوبين للعالم الى أقاليم رئيسية محدودة العدد مهم ومفيد لدارس الجغرافيا الـذى يريد فكرة عامة مبـدئية عن مناخات العالم . وحينما يدعو الأمر لمزيد من الدراسة التفصيلية ، يمكن للدارس أن يجد فى الأقسام الثانوية ثم فى الأقسام الفرعية ما يفيده ويزيد من معلوماته . وهناك أمثلة كثيرة للتقسيمات التفصيلية للاقاليم نشرت لأجزاء معلومة من العالم فى مختلف المجلات العلمية .

وقد حاول تريوارثا ، وفى اعتقادنا أنه نجح ، أن يوفق بين التقسيمات هيرمان فلون . أو هـو جعل تقسيم كوبين وعـاء يحوى مزايا التقسـيم التجريبية ممثلة فى تقسيم كوبين وبين التقسيمات الاصولية ممثلة فى تقسيم التجريبى ومزايا التقسيم الاصولى . فالى جانب تقسـيم كوبين التجريبى الذى يفيد منه الجغرافيون والبيولوجيون ورجال الزراعة ، الذين يهدفون الى فهم واستخدام البيئة المناخية كل حسب تخصصه ، والذين يهمهم بالدرجة الأولى معرفة حقائق المناخ دون الدخول فى التفاصيل الأصولية ، الى جانب هذا لابد من معرفة النشأة والتعرف على الأصل الذى يؤدى الى التعليل والتفسير .

ويؤكد تريوارثا فى مؤلفه المنشور عام ١٩٥٤ أن التقسيم الذى يعرضه هو فى الأساس شكل معدل من تقسيم كوبين ، وفضلا عن التعديلات التى سبق لنا ذكرها ، رأى تريـوارثا تطعيم التقسيم بعناصر أصـولية استقاهـا من تقسيم فلون ومنها الضغط والرياح .

وفيما يلى عرض موجز للاقاليم المناخية وخصائصها حسب التعديلات التى ارتآها تريوارثا . وقد وجدنا فيها كل ما يهم الجغرافى من وصف لعناصر البيئة المناخية وانعكاساتها على أشكال النبات من جهة ، ثم تاصيل ذلك

الوصف ما أمكن بتقسيم أصولى يؤدى الى تفسير نوعية وتوزيع انماط المناخ على سطح الأرض .

اقليم المناخ المدارى الممطر (A)

التوزيع والحـــدود :

يشغل هذا الاقليم نطاقا غير منتظم الشكل يمتد فوق ٢٠ ـ ٤٠ درجة عرضية حول دائرة الاستـواء . ويتميز هذا الاقليم عن غـيره من الاقاليم الأخرى الرطبة بأنه حار طول العـام ، أى أنه يفتقر الى موسـم شتاء . وحدود هذا الاقليم تجاه القطبين تتفق مع امتـداد خط الحرارة ١٨ درجة مئوية لأقل شهور السنة حرارة . وقد اختار كوبين هذا الحد الحرارى لأنه يتفق مع حدود انتشـار مختلف أنواع أشجـار النخيل التى لا تنمو الا فى الجهات الحارة ، والتى لا يناسبها التغير الحرارى الفصلى الكبير .

ويتميز هذا الاقليم بأنه أوسع الأقاليم المناخية الكبرى توزيعا وانتشارا ، فهو يشغل حسبما يقدر هـيرمان فاجنر نحو ٣٦٪ من مسـاحة الأرض . ويتسع نطاق هذا الاقليم فى شرقى القارات تجاه القطبين عنه فى غربيها . ويرجع السبب فى ذلك الى تعرض الأجزاء الشرقية من القارات لتاثير الرياح التجارية التى تاتى من المحيط محملة بكميات هائلة من الرطوبة خصوصا أنها تعبر مياه تيارات بحرية دافئة فى طريقها الى اليابس حيث تتعرض لأى رفع أوروجرافى فتسـقط الأمطار الغزيرة . أمـا الأجزاء الغربية من القارات فتصلها الرياح التجارية جافة من جهة ، كما أن تلك الأجزاء تصبح محلا لهبوط الهواء العلوى وتكوين ضغط مرتفع دائم يـدفع باقليم المناخ الجاف (B) للتوغل تجاه دائرة الاستواء ، حتى أنه يصل الى دائرة العرض ٥ درجة جنوبا فى القسم الجنوبى من كل من أفريقيا وأمريكا الجنوبية .

التسـاقط :

المطر غزير لا يقل عن ٧٥ سم فى السنة ، وهو متعدد الأسباب ، لكن معظمه من النوع الانقلابى المصحوب بالرعد والبرق ، ولهذا تشتد غزارة الأمطار حول الاعتـدالين . وتشترك الأمطار الاعصارية بنصيب طيب . وعلى الرغم من انتظام وتنـاسق الظروف الحرارية طوال السـنة ، فان الأمطار متذبذبة فى كميتها وفى فصليتها وفى توزيعها المساحى . والتوزيع الفصلى للامطار هو **اساس تقسيم هذا الاقليم الى اقليمين ثانويين هما (Af) الذى يتميز بامطار غزيرة طوال العام ، والاقليم (Aw) الذى يتميز بفصل ممطر وفصل جاف .**

ونظرا لارتباط سقوط المطر فى معظم اجزاء هذا الاقليم بالرهو الاستوائى

وكتل هوائه الساكنة ، فاننا نتوقع ، كما أسلفنا ، أن يبلغ المطر قمته عند تعامد الشمس حينما يسود الرهو الاستوائى ، ولهذا يصح القول بأن المطر المدارى يتبع التعامد الشمسى .

الأقاليم الثانوية للمناخ المدارى الممطر :

يمكن تقسيم الاقليم المـدارى الممطر الى اقاليم ثانـوية وفرعية على أساس فصلية المطر ومقدار كميته السنوية على النحو الآتى :

١ ـ اقليم (Af) المـدارى الرطب ، أو المـدارى الغابى الممطر أو الاستـوائى :

ومطره طول العام فليس به فصل جاف ، وتسقط كمية من المطر تزيد على٦سم كل شهر ،وتنمو به غابات دائمة الخضرة ،وكثيفة ،وعريضة الأوراق .

٢ ـ اقليم (Am)الموسمى الغابى الممطر :

وهو اقليم فرعى من السابق (Af) حيث تسقط أمطاره غزيرة فى فصل طويل تعوض الجفاف فى الفصل الجاف القصير ، ومن ثم تتمكن الغابات من النمو ،وهى غابات دائمة الخضرة ،لكنها أقل كثافة من غابات الاقليم السابق.

٣ ـ اقليم(Aw) المناخ المدارى الرطب الجاف أو مناخ السافانا :

وفيه يكون الفصل الجاف أطـول وأجف مما فى الاقليم السـابق (Am) وأمطار الفصل الممطر كافية لنمو الغابات ، وهنا قد تنمو غابـات نفضية متفرقة ، وأشجار شوكية ، وحشائش طويلة أو سافانا .

المنـاخ المـدارى الرطب

مناخ الغابات المدارية الرطبة أو المناخ الاستوائى (Af)

التـــوزيع :

اهم ما يميز هذا النوع أمران :

١ ـ الانتظام فى ارتفاع درجات الحرارة طوال العام .

٢ ـ غزارة الأمطار طوال العام ، وليس هناك فصل جاف .

ويتوزع هذا المناخ حول دائرة الاستواء فوق خمس الى عشر درجات عرضية شماليها وجنوبيها ، لكنه قد يتسع ليشمل الأراضى الواقعة فى شرقى القـارات حتى دائرة عرض ١٥ بل ٢٥ درجة ، ويشـمل حوض الأمزون وحوض الكنغو ، وجزر انـدونيسيا ، والفيلبين ، وبعض سـواحل آسيا الشرقية المدارية .

ويرتبط المنـاخ الاستوائى (Af) بنطاق الضـغط المنخفض الاستوائى

ونطاق التقاء الرياح التجارية فيما بين المدارين،وظروف الرهو أو الركود، اضافة الى التجاريات المنحرفة التى تعرف بالغربيات الاستوائية والتى تسود هذا النطاق من الضغط المنخفض • وينتهى المناخ الاستوائى الى المناخ الموسمى المطر (Am) ومناخ السافانا (Aw) تجاه القطبين ، **والحد بينه وبينهما هو كمية المطر ٦ سم لأجف الشهور •**

وقد يمتد المناخ الاستوائى (Af) فى شرقى القارات الى أن يصل الى تخوم مناخ عروض وسطى شبه مدارى رطب صيفه حار (Ca) ويكون الحد الفاصل بينهما وجود فصل شتوى بارد نسبيا ، ولا تقل درجة حرارة ابرد شهوره عن ١٨ درجة مئوية •

الحـــرارة :

لما كان الاقليم الاستوائى (Af) يقع حول دائرة الاستواء ، وفى نطاق الاشعاع الشمسى الأقصى،فاننا نتوقع أن تكون الحرارة مرتفعة طول العام، ومتوسطها السنوى بين ٢٥ ـ ٢٧ درجة مئوية • والتفاوت الحرارى الفصلى ضئيل أيضا نظرا لتساوى طول الليل والنهار تقريبا طوال العام ، كما وأن الاشعاع الشمسى اما أن يكون عموديا أو قريبا من العمودى • والفرق الحرارى السنوى،أو الفرق بين أحر الشهور وأبردها لا يتعدى ثلاث درجات مئوية ، بينما يعظم الفرق الحرارى اليومى ، أى الفرق بين أعلى وادنى درجة حرارة يومية ، فيتراوح بين ٦ ـ ١٤ درجة مئوية • **ولهذا يقال ان الليل هو شتاء الاقليم الاستوائى** • والنهاية العظمى للحرارة اليومية فى الاقليم الاستوائى ليست كبيرة ذلك أن متوسطها يبلغ ٣٣ درجة مئوية ، بينما بلغ متوسط النهايات الصغرى اليومية ٢٠ درجة مئوية • واقصى نهاية عظمى سجلت فى حوض الأمزون كانت ٣٥ر٦ درجة مئوية •

ورغم أن الحرارة اليومية قد لا تكون مفرطة الارتفاع ، فان اجتماع الحرارة مع الضوء الكثيف ، وسكون الهواء ، وارتفاع الرطوبة النسبية والكلية ، كل ذلك يعنى ظروفا جوية مرهقة تدعو الى الخمول ، وتسلب النشاط ويصبح الاحساس بالحرارة عظيما ، رغم أن الترمومتر قد لا يسجل ارقاما شاذة لدرجات الحرارة •

ولا تعطى حرارة الليالى احساسا بالراحة من القيظ الا قليلا • لكنها بالنسبة للسكان الوطنيين منخفضة فهم حساسون لأى انخفاض ولو طفيف فى درجات الحرارة ، ويصبح الليل الرطب باردا بالنسبة لهم ، وعادة ما يوقدون النار للتدفئة حينما تنخفض حرارة الليل عن ٢١°م • وفى مثل هذه الليالى يتكاثف بخار الماء مكونا للضباب الكثيف والندى •

ومسار الحرارة اليومى منتظم للغاية ، فالحرارة تصل الى غايتها القصوى فى نفس الموعد كل نهار ، والى غايتها الدنيا فى ذات الموعد كل ليل ، وتتكرر هذه الحالة يوميا . ولا يعرف الاقليم غزوات لكتل هوائية دافئة وأخرى باردة كما يحدث فى العروض الوسطى .

التســـــاقط :

أمطار هذا الاقليم غزيرة وموزعة على مـدار السنة ، ولا يوجد فصل جاف . والاقليم الاستوائى (Af) هو اغزر أقاليم العالم أمطارا ، ويقدر ما يسقط من المطر السنوى ما يزيد على ٢٥٠ سم ، ويزيد هذا المعدل فوق المسطحات البحرية وفوق المناطق الجبلية ، ويقل نوعا فوق اليابس . ولهذا فان المسطحات المائية الواقعة فى مجال الأمطار الاستوائية أقل ملوحة من المسطحات المائية فى الجهـات المدارية الواقعة فى مهب الرياح التجـارية . واعظم جهات النطاق الاستوائى والعالمى مطرا منطقة جبلية فى جزيرة كوا Kauai ، احدى جزر هاواى فى المحيط الهادى ، التى تقع ضمن المنـاخ الاستوائى،وفوقها تسقط كمية سنوية من المطر معدلها يزيد على ١١٫٤ مترا (٤٥٠ بوصة) .

والمطر من النوع الانقلابى ، يهطل مدرارا من سحب المزن الركامى ، وهذا يعكس طبيعة الجو المضطربة ، فالسماء هناك حية نشطة مادام الهواء يندفع الى أعلا فى تيـارات صاعدة محملة بالرطـوبة ، ما تلبث أن تنشىء سحبا مملوءة بالحركة ومتباينة فى شكلها ولونها . واغزر المطر يهطل عادة أثناء أشد ساعات النهار حرارة ، حينما يكون التسخين المحلى ، ومن ثم التصاعد والانقلاب فى الأوج . وعادة ما يكون الصباح المبكر صحوا ، وحالما تعلو الشمس فى اتجاه السمت تزداد الحرارة ، وتبدأ السحب فى الظهور ، وتنمو فى أعدادها وأحجامها وتتكاثف ، حتى ينقضى نصف النهار . وفيما بعد الظهر تبدأ الأمطار فى الهطول وترافقها عـواصف الرعـد والبرق ، ويستمر سقوط المطر حتى المساء ، فتنقشع الغيوم ، ويصفو الجو ، وتصحو السماء . ويتراوح عدد أيام حدوث البرق والرعد بين ٧٥ ــ ١٥٠ يوما كل سنة . وهى زوابع عنيفة بسبب عظم سمك طبقة الهواء المتاثرة بالحرارة الشديدة والرطوبة العظيمة .

حقيقة أنه لا يوجد فصل جاف ضمن هذا النوع المناخى (Af) الاستوائى، لكن المطر لا يتوزع بالتساوى على جميع فصـول وأشهر السـنة . ويوضح منحنى المطر فى الجهات الاستوائية قمتين للمطر كل سنة ، يقابلهما فترتان تقل أثناءهما الأمطار نسبيا . ومن المعـروف أن قمتى المطر تتفقـان مع

الاعتدالين ، أى حينما تتعامد الشمس على دائرة الاستواء،أو عقب التعامد مباشرة ، بينما تتفق فترتا قلة الأمطار النسبية مع الانقلابين ، حينما تتقدم الرياح التجارية وتقترب من دائرة الاستواء .

اقليم المناخ المدارى الممطر أو الموسمى
أو مناخ الغابات الموسمية (Am)

التـــــوزيع :

يتمثل هذا النوع المناخى أحسن تمثيل فى أراضى جنـوب شرق آسيا حيث يسود النظام الموسمى المثالى للرياح.ويشمل فيما يشمل ساحل مالابار Malabar فى غرب الهند ، ودلتا نهر الجانج ـ براهمابوترا وساحل أراكان Arakan فى بورما ، والساحل الشرقى لفيتنام ، وشـمال جزر الفيلبين . كما يوجد فى ساحل غـانة فى غرب أفريقيا ، وفى الجزء الشرقى من حوض الأمزون ، وفى سواحل جيانا بامريكا الجنـوبية ، وأجزاء من جزر البحر الكاريبى (جزر الهند الغربية) .

الحـــرارة :

حرارة هذا الاقليم مرتفعة على مدار السنة ، ومعدلها السنـوى يبلغ نحو ٢٦ درجة مئوية.والمدى الحرارى السنوى أكبر فى المناخ الاستوائى (Af) خصوصا فى تلك الجهات التى تبعد عن دائرة الاستواء ، فيبلغ نحو أربع درجات مئوية . وتبلغ الحرارة أقصاها قبيل موسم سقوط الأمطار مباشرة، وهى الفترة التى تكون فيه السماء صحوا ، رغم أن موسم سقوط المطر هو موسم الاشعاع الشمسى العالى الشديد ، وهو موسم الصيف . ويوضح كوبين هذا الشذوذ فى التوزيع الفصلى للحرارة باضافة حرف (g) لرمز هذا النوع المناخى لكى يميز نوع مناخ الجانج **Amg** الذى يتميز بان أحر شهور السنة فيه يكون الشهر السابق لهطول أمطار الصيف وهو شهر أبريل أو مايو من كل عـام .

الأمطــــار :

يعتبر هذا النوع المناخى من حيث المطر نوعا وسطا بـين نوع المناخ الاستوائى (Af) ونوع مناخ السافانا (Aw) . فهو ياخذ من النوع الاستوائى غزارة المطر ، ومن نوع السافانا التوزيع الفصلى للمطر . وكما رأينا تقع الأراضى التى يسودها هذا النوع المناخى على امتداد السواحل المدارية التى تظاهرها مرتفعات على طولها تهب كتل هوائية مدارية بحرية فى الفصل الحار . وهذه الكتل الهوائية فى معظمها ذات أصل موسمى (رياح موسمية)

وهى السبب فى المطر الموسمى الغزير ، وقسم من هذا المطر من نوع المطر الأوروجرافى أو التضاريسى ، ويتركز المطر فى النصف الصيفى من السنة ، ابتداء من مايو وحتى نهاية أكتوبر . وتساعد غزارة الأمطار مع القصر النسبى لفصل الجفاف على بقاء التربة السفلى فى تلك الجهات رطبة ، بحيث تكفى رطوبتها لاستمرار نمو الغابات الموسمية ، وهى غابات ذات أشجار دائمة الخضرة لكنها أقل كثافة من الغابات الاستوائية . هذا وتجدر الاشارة الى أن كمية الأمطار الساقطة فى الاقليم الموسمى قد تفوق فى كثير من جهات هذا الاقليم التى تسقط فى بعض جهات الاقليم الاستوائى ، ففى ساحل مالابار تسقط كمية من الأمطار معدلها يزيد على ٣٠٠ سم .

اقليم المناخ المدارى الرطب ـ الجاف

أو مناخ السافانا (Aw)

يختلف هذا النوع المناخى (Aw) عن النوع الاستوائى (Af) فى أمرين :

الأول : أنه أقل مطرا .

والثانى : أن مطره غير منتظم التوزيع على مدار السنة ، ففيه فصل جاف واضح ، وفصل مطير واضح أيضا .

ولهذا تنمو فى هذا الاقليم (Aw) حشائش السافانا التى ترصعها الاشجار ، بدلا من الغابات الكثيفة الدائمة الخضرة التى تنمو فى الاقليم الاستوائى (Af) وكثرة نمو هذا الحشائش وسعة انتشارها فى هذا الاقليم هى التى أدت الى تسميته باسمها ، رغم أن حشائش السفانا بلا أشجار أمر نادر الحدوث .

التـــوزيع :

يقع اقليم مناخ السفانا (Aw) فيما بين دوائر عرض ٥ درجة أو ١٠ درجة و ١٥ درجة أو ٢٠ درجة ، وفيما بين اقليمى المناخ المدارى الرطب (الاستوائى (Af)) والمناخ الجاف (B) . ويضم منطقتين فى أمريكا الجنوبية ، احداهما شمال الاقليم الاستوائى الأمزونى (Af) فى فنزويلا وكولومبيا وجيانا ، والثانية فى جنوب شرق البرازيل وما يجاوره من أراضى بوليفيا وباراجواى . وفى أفريقيا فى اراضى السودان الفسيحة شمال دائرة الاستواء ، وأراضى الفيلد Veld الفسيحة الى الجنوب منها . ويمكن أن نضيف الى هذا الاقليم أراضى شمال استراليا وبعض أجزاء من جنوب شرق آسيا فى الهند وبورما وتايلاند وفيتنام ، ويحلو للبعض تسمية هذا الاقليم (Aw) فى آسيا باسم السافانا الموسمية ، لأن أمطاره ترتبط بالرياح الموسمية ، لكن

الاختلاف ليس كبيرا ، فالرياح الموسمية تبدو مماثلة للرياح الجنوبية الغربية التى سبقت تسميتها بالغربيات الاستوائية ، تهب تجاه الرهو الاستوائى أو منطقة الضغط المنخفض أو منطقة التقاء الرياح فيما بين المـدارين ، التى تهاجر الى الشمال بسبب شدة حرارة اليابس ٠

الحـــــرارة :

لا تختلف الحرارة كثيرا فى هذا الاقليم (Aw) عنها فى الاقليم الاستوائى (Af) ٠ فالحرارة الدائمة طوال العام هى القاعدة،ذلك أن الاشعاع الشمسى لا يبتعد عن العمودية كثيرا ، كما لا يختلف طول الليل عن طول النهـار الا قليلا ٠ ومع هذا فالاختلاف الحرارى هنا أكبر نسبيا ، وهـو عادة فى حدود ثلاث درجات مئوية ، ونادرا ما يتعدى ثمانى درجات مئوية ٠

ولا تتفق حرارة أحر الشهور مع الاشعاع العمودى ، لكنه يليه مباشرة، ومن ثم يكون الشهر الأحر قبيل أوج الفصـل المطير ، حين يخفض غطاء السحاب وسقوط الأمطار من درجات الحرارة ٠ ولهذا فـان أشهر مارس وابريل ومايو تكون أحر من يونيو أو يوليو وهما أكثر شهور السنة مطرا فى هذا الاقليم المناخى (Aw) فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ٠

ويميز السافانا ثلاثة مواسم حرارية هى :

١ ـ الفصل الجاف المعتدل ، ويتفق مع موسم الاشعاع الشمسى المائل أو فصل الشتاء ٠ وما تزال الحرارة به مرتفعة ، لكنها لا تزيد على ٣٢ درجة مئوية فى العادة ، كما أن نسبة الرطوبة منخفضة ، بحيث لا تكون الحرارة مرهقة ٠ وليالى هذا الفصل تكون باردة نسبيا ، ويسجل الترمومتر حرارة مقدارها ٢١ درجة مئوية ، بل لقد تهبط الحرارة الى ١٦ درجة مئوية ٠ ذلك لأن السماء تكون صافية ، والجو جاف ، وتلك ظروف ملائمة للاشعاع الأرضى السريع ، ويضم هذا الفصل أشهر ديسمبر ويناير وفبراير ٠

٢ ـ الفصل الجاف الحار ، وهـو الفصل الذى يسبق سقـوط المطر مباشرة ، ويبدأ عادة حول موعد الاعتدال الربيعى ، ويسبق موعد سقوط المطر مباشرة ، ويضم مارس وأبريل ومايو ، وفى هذا الفصل ترتفع الحرارة كثيرا ، حتى لقد تزيد على ٣٨ درجة مئوية ، وذلك بسبب الاشعاع الشمسى العمودى الكثيف ٠

٣ ـ الفصل الرطب الحار وهو فصل المطر ، ويبدأ فى يونيو ويستمر فى يوليو واغسطس ، ويمتد حتى شهر أكتـوبر ٠ وهنا نجد الحرارة تشبه لحد كبير مثيلتها فى مناخ الاقليم الاستوائى ، فالمدى الحرارى اليومى يقل

نسبيا ، ورغم أن الحرارة تكون منها فى الفصل الجاف الحار ، فانها تكون هنا مرهقة بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة .

كمية الأمطـــار :

الأمطار هى العنصر المهم فى التمييز بين أنواع المناخات المدارية ، لأن الفروق الحرارية بينها ليست كبيرة . وكمية المطر الساقطة فوق أراضى اقليم السافانا (Aw) تقل عن كميتها فى الاقليم الاستوائى(Af)وهى تتراوح بين ١٠٠ ـ ١٥٠ سم . ونظرا لأن هذا الاقليم يشغل نطـاقات انتقال بين المناخ الاستوائى الدائم المطر ، والمناخ الصحراوى الدائم الجفاف ، فانه من الطبيعى أن تتفاوت كميات الأمطار الساقطة فوق هوامشه تجاه الاقليمين المتاخمين لـه .

نظـام الأمطـار :

توزيع الأمطـار الفصلى هو الـذى يفصل بـين نوعى المناخ المـدارى الرطب . لأن نوع مناخ السافانا (Aw) يتميز بفصل واضح ممطر ،وفصل آخر جاف . ويعزى هذا لموقعهما بالنسبة لدوائر العرض ، فبينما يقع نوع المناخ الاستوائى (Af) فى اطار نطاق التقاء الأهوية الاستوائية الرطبة بصفة دائمة ، مع تواصل التصاعد الهوائى الرطب ، وتسـاقط المطر الغزير ، فان مناخ السافانا (Aw) يقع عند الهوامش الاستوائية للرياح التجارية ، وهـو موقع متوسط بين نطاق الرهو الاستوائى الماطر من جانب ، والهوامش المواجهة لنطاقات الضغط المرتفع المدارية الجافة من الجانب الآخر .

نظام سقوط المطر بالسودان كمثال لفرع مناخ السافانا :

يمكن اختيار السودان كمثال نموذجى لتوضيح ميكانيكية نظام سقوط المطر فى اقليم السافانا(Aw) . فانتقال الاشعاع الشمسى العمودى من الدائرة الاستوائية نحو الشمال عقب الاعتـدال الربيعى ، يصحبه انتقال نطـاق الضغط المنخفض وهبوب الرياح فى نفس الاتجاه وان كان يصل متأخرا عنه شهرا أو شهرين . وحالما يزحف نطاق التقاء الرياح شمالا تبدأ زوابع الرعد والبرق فى الظهور ابتداء من مارس أو أبريل فوق أراضى السودان ، وتستمر كمية الأمطار فى الزيادة حتى شهر يوليو أو شهر اغسطس ، حينما يصل التقاء الرياح أقصى مداه شمالا . ومع تراجع هذا النطاق جنوبا مع حركة الشمس الظاهرية ، تتناقص كمية الأمطار حتى شهر أكتوبر أو شهر نوفمبر حين تحل الرياح الجافة وتسود أراضى السودان .

وتختلف كمية الأمطار من عام لآخر ، فهى متذبذبة . ففى بعض السنين

تغزر حتى لتغمر مياهها الحقول فى فيضان عارم ، بينما تقل فى سنين اخرى عجاف ، ومدى التذبذب يصل الى ٢٥٪ · ويتباين طـول كل من فصلى الجفاف والمطر ، فيطول فصـل المطر فى الجهات القريبة من نطـاق المناخ الاستوائى (Af) ، ويقصر تدريجيا بالاتجاه شمالا · فأمطار جنوب السودان اكثر كمية وأطول موسما منها فى وسط السودان ، فاذا ما وصلنا الى شماله قلت الكمية كثيرا ، وأصبح موسم المطر قصيرا لا يتعدى شهرين أو ثلاثة ·

المنـــــاخ الجـــــاف (B)

تعريفه وتوزيعه :

أهم صفة تميز هذا الاقليم هى أن معدل التبخر من سطح التربة ومن النبات يزيد على المعدل السنوى للتساقط · وفى المناخ الجاف يوجد نقص دائم فى المياه ، وبالتالى لا يحدث جريان سطحى دائم ، ولا يتغذى مخزون المياه الباطنية بالمياه بصفة مستمرة · ولقد تعبر هذا الاقليم انهـار دائمة الجريان مثل نهر النيل ، ونهر كولورادو ، ونهر السـند ، ولكنها جميعا تتغذى بكميات هائلة من المياه فى منابعها فى أقاليم غزيرة المطر · والقاعدة أنه حيثما يوجد نقص فى المياه لا يفى بالاحتيـاج المائى فان المنـاخ يكون جافا ، والعكس صحيح فحيثما يكون التسـاقط أعظم من المتطلبات المائية يكون الاقليم رطبا ·

والأساس الذى يعتمد عليه فى تحديد تخوم الاقليم الجاف هـو القيمة الفعلية للأمطار ، والأمطار ترتبط ارتبـاطا وثيقا بالحرارة ، كمـا ترتبط بالفصل الذى تسقط فيه · وقد سبق لنا شرح المعادلات التى يتم عن طريقها تحديد الحدود بين المناخ الجاف والمناخات الرطبة عند شرحنا لتقسيم كوبين.

ويوضح الجـدول التالى الحدود بين المناخـات الجافة والرطبة تبعا لتقسيم كوبين :

الحرارة بالدرجات المئوية	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
التســـاقط بالسـنتيمتر	٣٤	٤٥	٥٦	٦٧	٧٨	٨٩

ومنه يتبين أنه لكى يكون المناخ الذى يبلغ معدل حرارته السنوية ١٠°م رطبا ، ينبغى أن تسقط فيه كمية من المطر تعادل ٣٤ سم أو أكثر وتكون موزعة توزيعا منتظما على مدار السنة · وحينما يكون المتوسط الحرارى السنوى لاقليم مناخ معلوم ٢٥°م ، لزم ضعف القدر السابق ذكره من الأمطار كى يكون هذا المناخ رطبا ·

والمناخ الجاف أوسع أنواع المناخ انتشارا على سطح الأرض . فهو يشغل تبعا لتقدير كوبين نحو ٢٦٪ من مساحة الكتل القارية ، وتتوزع هذه النسبة بين المناخ شبه الجاف أو مناخ الاستبس (BS) ، الذى يحتل ١٤٪ ، والمناخ الجاف أو المناخ الصحراوى (BW) الذى يشغل ١٢٪ . ويتمثل المناخ الجاف فوق مساحة من المسطحات البحرية والمحيطية أقل حجما ، وتتراوح بين ٤ - ٥٪ .

الحـــــرارة :

يتصف المناخ الجــاف بالتطرف الحرارى ، فالمــدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير فى جميع جهاته . ويساعد على هذا التطرف المناخى ما يمتاز به من جفاف ، فالسماء دائما صافية ، والرطوبة منخفضة ، والغطاء النباتى يكاد ينعدم . وحرارة النهار شديدة ، **حتى لقد يسجل سطح الأرض حرارة تفوق مائة درجة مئوية ، بينما تهبط فى أواخر الليل الى ربع هذا القــدر وما دونه .**

الأمطــــــــار :

الأمطار نادرة ، وهى متغيرة فى كميتها من عام لآخر ، ولهذا لا يعتمد عليها . وعلى الرغم من أن الأمطار لا تنعدم تماما فى أى جزء من أجزاء الاقليم الجاف ، فانها تكون أحيانا من الضآلة بحيث يصعب قياسها . ففى محطة أريكا Arica للرصد الجوى شمال شيلى لم تتمكن الأجهزة من قياس المطر على مدى ١٧ سنة الا فى حالات ثــلاث فقط ، وكانت الكمية ضئيلة لا تتعدى نصف سنتيمتر فى كل حالة .

والرطوبة النسبية منخفضة للغاية ، وتبلغ فى وقت الظهيرة من١٢٪ - ٣٠٪ . والتبخر سريع وشديد .

الريـــــــاح :

وتتحرك الرياح فى الجهات الجافة حركة دائمة ، حيث لا يوجد مايعوق حركتها ، لأن الغطاء النباتى يكاد ينعدم ، كما أن ارتفاع الحرارة أثناء النهار يعطى الفرصة لتيارات هــوائية صاعدة ، ولهذا نجــد الرياح دائما محملة بالرمال والغبار مما يصعب الرحلة خلال الصحراء . وتهدأ الرياح فى الليل كثيرا بسبب التبريد الذى يحدث نتيجة للاشعاع الأرضى المريع . والرياح هى عنصر الحياة والحركة الوحيد فى البيئة الجــافة ، وهى التى تقوم الآن بعمليات الهدم والبناء وتشكيل سطح الأراضى الجافة .

الاقاليم الثانوية للمناخ الجاف :

يمكن التعرف على أربعة اقاليم ثانوية ينقسم اليها اقليم المناخ الجاف .

فعلى أساس استخدام الأمطار ينقسم الاقليم الى اقليمين ثانويين همـا : اقليم الصحراء واقليم الاستبس • وعلى أساس الحرارة يمكن التقسيم الى :

١ ـ اقليم المناخ الجاف فى العروض المدارية ، وينقسم الى اقليمين فرعيين هما : اقليم الاستبس الحارة ، واقليم الصحارى الحارة •

٢ ـ أقليم المنـاخ الجاف فى العروض المعتدلة ، وينقسم الى قسمين فرعيين : اقليم الاستبس البارد (شتاء)،واقليم الصحارى الباردة شتاء •

وبينما يستخدم كوبين فى تقسيمه خط الحرارة ١٨°م كمتوسط سنوى كحد يفصل بين اقليم المناخ الجاف فى العروض المدارية ، والمناخ الجاف فى العروض المعتدلة ، نجد تريوارثا يستخدم لهذا الغرض خـط الصفر المئوى لأبرد الشهور (يناير) •

اقليم المناخ الجاف فى العروض المدارية وشبه المدارية (BWh , BSh)

تقع الأراضى التابعة لهذا الاقليم المناخى بين دائرتى عرض ١٥° ـ ٣٠° شمالا وجنـوبا فى مجال نطاق الضـغط المرتفع المـدارى وفى غربى الكتل القارية • وتمثل دوائر العرض ٢٠ ـ ٢٥° شمالا وجنوبا قلب هذا الاقليم • وتتعرض السواحل الشرقية للقارات فى مجال هذه العروض لهبوب الرياح التجارية المطرة الآتية من المحيط ، ولهذا فانها تكون رطبة ، أما سواحلها الغربية فتكون جافة ، ويمتد منها الجفـاف ليشمل نطاقا من المحيطـات المجاورة • ولا شك أن السبب الرئيسى فى جفافها هو هبوط الهواء فى نطاق ضد الاعصار (الضغط المرتفع) شبه المدارى • ويساعد على تاكيد الجفاف وحدته مرور التيارات المـائية البحرية الباردة موازية للسـواحل الغربية المدارية وشبه المدارية •

ويمكن القول كقاعدة عامة بان المناخ المدارى الرطب يمتد عادة امتدادا كبيرا باتجاه القطبين على طول السواحل الشرقية للقارات المعرضة للرياح الممطرة (البرازيل ، وشرق أمريكا الوسطى ، وشرق مدغشقر) بينما يتوغل المناخ الجاف تجاه دائرة الاستواء فيما وراء عروضه المعتادة على امتداد السواحل الغربية للقارات (غرب بيرو ، وغرب أنجولا فى جنوب أفريقيا) •

اقليم مناخ الصحارى الحـارة (BWh)

التـــــوزيع :

تتوزع الصحارى المدارية الحارة فى غرب القارات ، وتتمثل فى الصحراء الكبرى الأفريقية وفى صحراء شـبه الجزيرة العربية ، وصـحراء ايران ،

وصحراء كاليفورنيا ، وصحراء المكسيك ، في نصف الكرة الشمالى . اما النصف الجنوبى فتتمثل فى صحارى كلهارى ، وغرب استراليا ، واتاكاما .

التســــاقط :

يصعب تحديد كمية الأمطـار التى تحدد حدود الصحـارى الحارة ، ويتراوح الرقم عادة بين ٢٥ ـ ٣٥ سم . وفى كثير من أجزاء الصحراء الكبرى الأفريقية ، وكذلك فى أجزاء من كلهارى ، وأتاكاما ، واستراليا ، وثار ، وسونورا Sonora فى شمال غرب المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة يقل التساقط السنوى عن ١٠ سم . ولقد تنعدم الأمطـار لسنوات يتراوح عددها من ٥ ـ ١٠ سنة . بل انها تنعدم اطلاقا كما فى شمال شيلى حيث لم تسجل محطة الرصد فى كالاما Calama أمطارا على الاطلاق .

وفضلا عن ندرة الأمطار ، فانها ظاهرة طارئة متذبذبة فى كميتها وفى فصليتها ، ولهذا فانه يستحيل الكلام عن منحنى نموذجى للمطر أو عن معدل سنوى لكميته لأى من محطات الرصد الصحراوية .ويأتى معظم المطر فى الصحارى الحارة بطريق رخات عنيفة من النوع الانقلابى ، ويسقط فوق مساحات محدودة من رقعة الصحراء . ولقد سقط من المطر فوق حلوان كمية مقدراها ٧٧ سم فى عشرين عاما ، بمعدل سنوى يقل عن ٤ سم ، وساهمت سبع رخات منفردة فى سقوط ربع الكمية . وحينما تكثر الأمطار فى احدى الرخات تنشأ سيول عارمة قد تصل الى مراكز العمران فتحدث اضرار بالغة .

وليس لهذه الأمطار أهمية للزراعة ، وذلك بسـبب طبيعتها العنيفة ، ومحليتها ، وعدم انتظامها من حيث الكمية والفصلية . وكثير من المطر يعود فيتبخر حالما يصل الى سطح الارض بواسطة هـواء الصحراء الجاف الحار ، ويتسرب قليل منه ليضاف الى مخزون الماء الأرضى الذى يظهر فى المنخفضات على شكل عيـون وينابيع أو يتم ضـخه من الآبار . ويصيب هوامش الصحراء أمطار قليلة تسقط لنفس أسباب سقوط المطر فى الأقاليم المناخية المجاورة لتلك الهوامش .

والتبخر شديد للغاية بسبب ارتفاع الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية ، وهو عادة يبلغ عشرين مثـلا للتساقط ويزيد . ففى يوما Yuma بصحراء اريزونا يبلغ معدل التبخر أثناء الأشهر الحارة ١٢٣ سم ، بينما يبلغ معدل التساقط فى نفس الأشهر ٢ر٥ سم . وفى صحراء مصر تم تسجيل نسبة رطوبة تدنت الى ٢٪ فقط ، فى الوقت الذى كانت فيه درجة الحرارة ٣٨°م . ومع هذا فعندما تكـون الظروف ملائمة قد يتكـون الندى والضباب خصوصا فى منخفضات الواحـــات .

الحـــــرارة :

قدمنا المطر على الحرارة لأنه الأساس فى تمييز المناخ الجاف • والمدى الحرارى السنوى فى الصحـارى المدارية الحارة أكبر من غـيره فى أى من المناخات المدارية بما يتراوح بين ٩ ـ ١٧ درجة مئوية • فالمتوسط الحرارى لشهر يناير بمدينة أسوان يبلغ نحو ١٦°م ، ولشهر يوليو ٣٥°م ، والمدى الحرارى السنوى ١٩°م • ويعظم المدى الحرارى اليومى فيتراوح بين ١٥ ـ ٢٥°م ، لكنه يصل فى حالات نادرة الى ٣٠ أو ٣٥°م •

وترتفع الحرارة كثيرا **فى فصل الصيف** ، حيث يتراوح متوسط حرارة أحر الشهور بين ٣٠ ـ ٣٥°م•وكثيرا ما تسجل الترمومترات درجات حرارية تعلو٤٣°م بل و٤٥°م وسط النهار•وفى الصحراء الكبرى كثيرا ما تبلغ النهاية العظمى للحرارة فى أوج الصيف ٤٠°م وما فوقها ، تليها نهاية صغرى تهبط الى ٢١°م • ولقد سجلت أعلى درجات الحرارة العظمى فى العالم كله فى بلدة العزيزية بليبيا التى تقــع الى الجنوب من طرابلس بنحو ٤٠ كم ، وبلغت ٥٨°م ، كما تم تسجيل حرارة درجتها قريبة من هذا الرقم (نحو ٥٧°م) فى وادى الموت Death Valley بكاليفورنيا •

وفى فصل الشتاء نجد الحرارة ماتزال مرتفعة ، فتتراوح أرقام النهايات العظمى بــين ١٥ ـ ٢٠°م فى المتــوسط ، وتصل أحيــانا الى ٢٧°م • لكن الحرارة تهبط كثيرا أثناء الليل ، وتسجل نهايات دنيا متوسطها ٥°م ، وقد تهبط الى الصفر وما دونه أحيانا • ولهذا قد يتكون الصقيع الخفيف •

مناخ السواحل الغربية للصحارى الحارة (BWn)

تتغير الخصائص المناخية (ارتفاع الحرارة،انخفاض الرطوبة النسبية، صفاء السماء) التى تتميز بهـا الصحراء الحـارة فى جهـاتها المطلة على المحيطات ، فينشأ نوع معدل من المناخ الجاف يرمز له تريوارثا بالأحرف (BWn) • ويرجع السبب فى نشوء هذا النوع المعدل الى جريـان التيارات المائية المحيطية الباردة بموازاة تلك السواحل • ويتضح أثر تلك التيارات الباردة على الخصوص على طول سواحل صحراء بيرو وشمال شيلى فيما بين دائرتى عرض ٤ ـ ٣١ درجة جنوبا ، وسـاحل غرب أفريقيا فيما بين دائرتى عرض ٨ ـ ٣٢ درجة جنوبا ، كما يحس تاثيرها على طول سواحل المحيط الأطلسى المراكشية من الـدار البيضاء حتى السنغال ، اضـافة الى سواحل الصومال فى شرق افريقيا ، وسواحل شمال غرب المكسيك • وتعتبر أجزاء من هذه الجهات ، ضمن مناطق الاستبس •

ويرجع السبب فى برودة مياه التيارات المحيطية الى انها نابعة أصلا

فى مياه عروض عليا جلبتها الرياح والعوامل الاخرى التى تحرك التيارات وتوجهها ، اضافة الى صعود المـاء البارد من أعمـاق المحيط Upwelling الى السطح بجوار السواحل . وتؤثر مياه هذه التيارات البحرية الباردة فى مناخ تلك السواحل ، فتنخفض متوسطات درجات حرارتها عن متوسطات حرارة الجهات التى تقـع معها على نفس العروض بنحـو خمس أو ست درجات مئوية . وكذلك يقل المدى الحرارى السنوى كثيرا ، فيبلغ فى كالاو Callaoفى بيرو نحو ٥°م ، وفى بورت نولوث Port Nolloth بجنوب غرب افريقيا نحو ٣°م فقط . وللمقارنة نذكر ان المدى الحرارى السنوى باسوان يبلغ ١٩°م ، وفى يعقوب أباد بصحراء ثار فى باكستان ٢٢°م .

ويمكن تلخيص المميزات العـامة لحرارة نوع منـاخ السواحل الغربية للصحارى الحارة (BWn) بالمقارنة بمناخ الصحارى الحارة فيما يلى :

١ ـ المتوسطات السنوية للحرارة أقل منها فى الصحارى الحارة .

٢ ـ حرارة الصيف أقل منها فى الصحارى الحارة .

٣ ـ حرارة الشتاء أكثر اعتدالا .

٤ ـ المدى الحرارى اليومى والسنوى أقل منه فى الصحارى الحارة .

والمطر قليل للغاية على امتداد السواحل الغربية للصحارى الحارة ، فهو يبلغ نحو ٦ سم فى بورت نولوث ، وحوالى ٣ سم فى كالاو ، كما أن الجفاف يمتد على طول تلك السواحل حتى مسافة قريبة من دائرة الاستواء. لكن هذه السواحل تتميز بارتفاع نسبة الرطوبة وكثرة حدوث الضباب بسبب مرور الهواء البحرى فوق التيارات المائية الساحلية الباردة . وتسجل أرصاد هذا النوع المناخى عددا من أيام حدوث الضباب يصل الى١٥٠يوما فى السنة. ونسيم البحر فى تلك الجهات قوى،ويعزز من قوته الهواء البارد فوق مياه المحيط.ويسمح الضباب الكثيف بنمو نبات هزيل فوق تلال بيرو الساحلية.

ونظرا لان الضباب هـو الصفة المميزة لهذا النوع الثـانوى من المناخ الجاف ، فان تريوارثا قد ميزه باضافة الحرف (m) وهو الحرف الأول من الكلمة الألمانية Nebel ومعناها ضباب .

مناخ الاستبس فى العروض الحارة (BSh)

التـــوزيع :

يظهر مناخ الاستبس على هوامش الصحارى المدارية الحارة ، ولهذا فانه يحسب مناخا انتقاليا بين المناخ الجاف BW ومختلف أنواع المناخات الرطبة فى الشمال والشرق والجنوب .

ويقسم تريوارثا هـذا النوع من المناخ الى قسمين تبعا لموسـم سقوط الأمطـار كما يلى :

النوع الأول : مناخ الاستبس ذو الأمطار الشتوية :

ويرمز له تريوارثا بالأحرف (BShs) ، والحرف (s) الصـغير يشير الى جفاف الصيف ، ويتمثل فى هـوامش الصحارى الحـارة ناحية القطبين ، مجاورا للمناخ المعتدل ذى الصـيف الجاف أو مناخ البحر المتـوسط (Cs) ويتمثل فى الأراضى الحـدية الواقعة على امتـداد شمال الصحراء الكبرى الأفريقية والمتاخمة لنوع مناخ البحر المتوسط ، كمـا يتمثل فى جنوب قارة استراليا ، وفى العراق ، وفى القسم الشمالى من شبه جزيرة العرب ، وأجزاء من جنوب ايران ، وفى شمال غرب المكسيك ، وفى الجهات المتاخمة للمكسيك من جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية ٠

وتسقط أمطار هذا النوع من المناخ فى فصل الشتاء بسبب هبوب الرياح العكسية والأعاصير ، أما فى الصـيف الطويل فتسوده أهوية جـافة هابطة ترافق نطاق الضغط المرتفع المدارى المرابض فوق هذه الجهات ٠ ونظرا لأن الأمطار تسقط فى فصل الشتاء ، فان التبخر يكون قليلا نسبيا ، وبالتالى فان القيمة الفعلية للامطار كبيرة نوعا، وتسمح لهذا بنمو حشائش الاستبس٠

وحينما نتخذ أرقام مدينة بنغازى كمثال لمحطة تقع فى استبس شمالى الصحراء الكبرى الأفريقية ، نجد أن أشهر الصيف الثلاثة ، يونيو ويوليو وأغسطس ، عديمة المطر تماما ، بينما يكون شهرا ديسمبر ويناير أغزر الشهور مطرا ، ويبلغ مجموع كمية المطر السنوية نحو ٣٠ سم فى المتوسط ٠ وتتذبذب كمية المطر من عام لآخر ٠ والمتوسط المذكور محسـوب من عدة أرقام متفاوتة لسبع سنين سجل الرصد خـلالها لاحدى السـنين ٦٠ سم ، والأخرى ٥٥ سم ، والثالثة ١٨ سم ، والرابعة ١٧ سم ٠

والثانى ــ مناخ الاستبس ذو الأمطار الصيفية :

ويرمز تريوارثـا بالأحرف (BShw) ٠ ويشـير الحرف الصـغير (w) الى جفاف الشتاء٠ويتمثل فى هوامش الصحارى الحارة جهة دائرة الاستواء، والمتاخمة لمناخ السافانا (Aw) ويسود هذا المناخ الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى الأفريقية ، واستبس شمال استراليا ، وشمال غرب الهند ، وجنوب غرب أفريقيـا ٠

وتسقط الأمطار فى الصيف، ومعظمها يسقط فى شهرى يوليو واغسطس، حينما يبلغ نطاق الرهو الاستوائى أقصى تقدم له ناحية القطب٠وحينما نتخذ

مدنة جورى Gorée بالسنغال كمثال لهذا النمط المناخى ، نجد أن الأشهر الخمسة من ديسمبر الى مايو جافة تماما ، ويسقط معظم المطر ، حوالى ٩٠٪ ، وهو من النوع الانقلابى ، اثناء ثلاثة اشهر هى يوليــو وأغسطس وسبتمبر . ولما كانت الأمطار تسقط فى الفصل الحار ، فان قيمتهـا الفعلية اقل منها فى النوع السابق الذى تسقط أمطاره شتاء ، لكن الأمطار هنا أغزر واكثر كمية اذ تبلغ فى المتوسط ٧٠ ـ ٧٥ سم ، مما يعوض الفاقد بالتبخر . وذبذبة كميات الأمطار الساقطة هنا اكبر منها فى النوع السابق .

والحرارة هنا لا تختلف كثيرا عنها فى الصحراء الحـارة المجاورة ، ويمكن القول بصفة عــامة أن الحرارة ترتفع وتبلغ اقصــاها قبيل الفصل المطير ، اى فى اشهر ابريل ومايو ويونيه .

اقليم المناخ الجاف فى العروض الوسطى (BWk , BSk)

التــــوزيع :

لم ينشأ مناخ الصحارى والاستبس فى العروض الوسطى نتيجة لموقعه فى اطار نطاقات ضغط مرتفع أو رياح تجارية جافة ، كما هى حال صحارى واستبس العروض المدارية وشبه المدارية ، وانما قد نشـأ نتيجة للموقع فى الأجزاء الداخلية من القارات العظيمة المساحة ، بعيدا عن المحيطات التى هى المصادر الرئيسية لبخار الماء ، لهذا فان الرياح تصلها جافة . أضف الى ذلك أن المرتفعات تحيط بتلك الأجزاء وتحرمها من التساقط الغزير .

ويسود هذا المنــاخ اكبر رقعة من اليابس فى أوراسـيا لعظم مساحة اراضيها فى العروض الوسطى ، وتليها فى ذلك أمريكـا الشمالية . وعلى الرغم من أن الصحارى المدارية الحارة ينحصر وجودها فى غربى القارات دون شرقيها (باستثنــاء صحراء الصومال فى شرق افريقيا) فــان صحراء العروض الوسطى تمتد لتشمل قسما من شرقى أمريكا الجنوبية هو منطقة بتاجونيا Patagonia فى الأرجنتين ، وهى حالة شاذة لأن المنطقة كلها بسبب ضيقها تقع فى ظل المطر موازية لامتداد جبال الأنديز فى غربها تلك الجبال التى تهب اليها الرياح الغربية (العكسـية) فتسقط عليها الأمطــار ، فاذا ما تجاوزتها وصلت الى بتاجونيا جافة ، اضف الى ذلك مرور مياه تيار فولك لاند البارد موازيا لسواحل المنطقة . ولا يظهر هذا النوع من المناخ فى قارتى افريقيا واستراليا لعدم امتداد يابسهما فى العروض الوسطى بالقدر الكــافى لتمثيله بهما .

الحرارة والمدى الحرارى :

يتميز المناخ الجاف فى العروض الوسطى عن المناخ الجاف وشبه الجاف

فى الجهات المدارية بشتائه البارد ، لكنه يشبهما فى كمية الأمطار وتذبذبها ٠ أما الصيف فهو حار أو دافىء٠ويؤكد الموقع الداخلى للمناطق التى يسودها هذا المناخ تميزها بالتطرف الحرارى ، فالمدى الحرارى اليومى كبير لصفاء السماء وقلة الغيوم ، وانخفاض الرطوبة النسبية ، كما أن المدى الحرارى السنوى كبير أيضا ٠ ونظرا لان هذا المناخ يسود نطاقا واسعا يضم ما بين ١٥ ـ ٢٠ درجة عرضية فى أمريكا الشمالية وفى آسيا ، فانه يصعب تقرير ظروف حرارية نموذجية ٠ مثال ذلك أن كلا من الأجزاء الجنوبية من ولاية كولورادو وولاية البيرتا تقع ضمن المناخ الجاف بالعروض الوسطى ، رغم أن الأولى تخترقهـا دائرة العرض ٣٧° شمالا ، والأخـرى دائرة العرض ٥٠° شمالا ، ومن الواضح أن الفروق الحرارية بينهما تكون كبيرة للغاية ٠ وفى مدينة طشقند بالتركستان الروسية تبلغ الحرارة فى يناير الصفر المئوى فى المتوسط ، بينما ترتفع الى نحو ٢٧°م فى يولية ، وبذلك يبلغ المدى الحرارى السنوى نحو ٢٧°م وفى يورجا Urga بمنغوليا تهبط حرارة يناير الى مادون الصفر المئوى بنحو ٢٦°م ، وتعلو حرارة يوليو فوق الصفر بحوالى ١٧°م٠

التساقط وتوزيعه الفصلى :

المطر قليل فوق الجهات التى يسودها هذا النوع المناخى ، ويرجع ذلك الى وقوع تلك الجهات اما فى عمق الجهـات الداخلية من الكتل القـارية الكبيرة أو أنها منعزلة عن المحيطات وتاثيراتها بالحـواجز الجبلية ، كما انها باستثناء هوامشها المدارية تتاثر بوجود ضغط مرتفع يرابض فوقها فى فصل الشتاء٠وأكثر أجزائها جفافا تلك الأحواض الداخلية المحاطة بالجبال٠ هذا وتتلقى الجهات التابعة للمناخ الجاف فى العروض الوسطى بعضا من التساقط فى شكل ثلج ، رغم أنه ليس كثيرا ، كما تتغطى الأرض بغطـاء ثلجى رقيق فى فصل الشتاء ، وهذه ظواهر لا نجد لها مثيلا فى المناخ الجاف بالعروض المدارية وشبة المدارية ٠

ويتباين التوزيع الفصلى للتساقط فى مختلف أرجاء هذا الاقليم نظرا لاتساعه وامتداده فوق درجات عرضية كثيرة ٠ ففى جهاته الداخلية يكثر المطر صيفا نتيجة للحرارة المرتفعة وما يصـاحبها من أمطار انقـلابية مع رطوبة نسبية عالية نوعا ، اضافة الى هبوب الرياح الموسمية الصيفية التى قد تصل اليها ، وذلك على عكس الشتاء حيث يتركز عليها ضد اعصار بسبب البرودة ، ويكون التساقط القليل فى هيئة ثلج ٠ وينطبق هذا الوصف على داخلية آسيا والسهول العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية ٠ وحينما نتخذ يورجا Urga بمنغوليا مثالا لذلك نجد أنها تتلقى ٨٤٪ من أمطارها السنوية البالغة ١٩ سم فى أشهر الصيف الثلاثة ٠

ويكون التساقط فى فصل الشتاء والجفاف صيفا فى الجهات التابعة لهذا المناخ والتى تقع بالقرب من اقليم مناخ البحر المتوسط (Cs) وهذا هو النظام المثالى لمناخ البحر المتوسط الذى تتميز به الهوامش الغربية للقارات فى مجال العروض الوسطى • ويسود هذا النظام المناخى الشتوى المطر فى جنوب التركستان الروسية والحوض العظيم فى الولايات المتحدة الأمريكية ، وسبب المطر وصول بعض الأعاصير المصاحبة للرياح الغربية الى تلك الجهات ، أما فى الصيف فتخضع مثل اقليم البحر المتوسط لتأثير الضغط المرتفع المدارى •

المناخ الصحراوى فى العروض الوسطى (BWk)

يسود هذا النوع المناخى الثانوى من اقليم المناخ الجاف بالعروض الوسطى الأحواض والمنخفضات فى الأجزاء الداخلية من القارات ، مثل حوض تاريم فى آسيا والحوض العظيم فى الولايات المتحدة الأمريكية • وتبدو هذه الاحواض محاطة بهوامش مرتفعة ، ولذلك فهى تقع فى ظل المطر ، وتتأثر لذلك بتيارات هوائية هابطة مما يجعلها جافة • وتتميز هذه المنخفضات بسبب طبيعتها الحوضية المنعزلة بارتفاع حرارتها فى أشهر الصيف ، حتى لتقترب متوسطات حرارتها حينئذ بالمتوسطات الحرارية لأشهر صيف الصحارى المدارية •

وخير مثال على هذا النوع المناخى الثانوى محطة تورفان Turfan فى منخفض تورفان بولاية سنكيانج Sinkiang بالصين ، ففيها يبلغ متوسط حرارة يولية نحو ٣٢°م • وتبلغ النهاية العظمى للحرارة اليومية ٤٣°م وأكثر • وفى هذه المحطة التى تم فيها تسجيل نهاية عظمى للحرارة بلغت ٤٧ر٨°م ، يهبط فيها متوسط حرارة شهر يناير الى أكثر من ١٠°م تحت الصفر •

أما بتاجونيا فى الأرجنتين فمنطقة لها وضع مناخى خاص لا ينطبق عليها الوصف السابق لصحارى العروض الوسطى • ذلك لأنها عبارة عن شريط ضيق طويل من اليابس توازيه وتجرى بطوله مياه محيطية باردة نسبيا ، ولهذا فان الحرارة أكثر اعتدالا لتأثرها بمياه المحيط المجاورة ، فحرارة الصيف منخفضة ، وحرارة الشتاء معتدلة بالنسبة لدائرة العرض • ففى سانتا كروز Santa Cruz الواقعة على دائرة عرض ٥٠° جنوبا تبلغ حرارة الصيف (يناير) نحو ١٥°م ، وحرارة الشتاء (يولية) ١ر٧°م •

مناخ الاستبس فى العروض الوسطى (BSk)

يشغل مناخ الاستبس فى العروض الوسطى الهوامش الانتقالية أو الوسيطة بين الصحارى والمناخات الرطبة المجاورة • ولقد سبق لنا وصف

خصائص هذا المناخ . ويبقى هنا أن نشير الى أن هذه المنـاطق أنسب لسكنى البشر من الصحـارى بسبب سقوط الامطـار . لكن نظرا لتعرض سقوط الأمطار فى هذه المناطق لذبذبات كبيرة سواء فى الكمية أو الفصلية فان السكان يتعرضون لكوارث اقتصادية كبيرة . فقد يغرى سقوط الأمطار الوفيرة فى عدة سنوات متوالية سكان هذه المناطق على التوسع فى زراعة الأراضى صوب الصحراء ، وتحل بعد ذلك سنين يشح فيها المطر ، فتفشل المزروعات ، وتنفق الحيوانات ، وتحل الكوارث بالسكان . وفى كثـير من أجزاء مناطق توزيع هذا النوع المناخى بالولايات المتحدة الأمريكية تقل كمية الأمطار عن المعدل فى نحو ٤٠٪ من السنين . وفى خـلال فترة رصد مقدارها أربعين عاما ، بلغ معدل سقوط الأمطار السنوى نحـو ٣٩ سم ، وكانت اكبر كمية سقطت فى عام واحد نحو ٦١ سم ، وأدنى كمية فى عام آخر حوالى ١٨ سم فقط .

اقليم المناخ المعتدل الرطب (C) Humid Mesothermal

يقع هذا النوع من المناخ فى العروض الوسطى فيما بين المناخات المدارية الدائمة الحرارة والمناخ القطبى الدائم البرودة . ويتميز عن هذا وذاك بنظام فصلى معلوم فى ظروف الحرارة . وهنا تتساوى أهمية الحرارة مع أهمية الرطوبة فى التمييز بين مختلف أنماط مناخات العروض الوسطى . ففى الأقاليم المدارية تتمايز الفصول بالرطوبة والجفاف ، فيقال فصل رطب أو ممطر وفصل جاف ، أما فى العروض الوسطى فتتمايز الفصول بالحرارة فيقال فصل الصيف وفصل الشتاء .

وفى العروض الوسطى يصـبح تغير الطقس سـمة مميزة ، ذلك لأنها اقليم الصراع بين كتل هوائية متضادة مختلفة الخصائص : كتل تصدر من المناطق القطبية الباردة وكتل تنبع فى المناطق المدارية الحارة ، لهذا يكثر تكون الجبهات والعواصف الاعصارية مع ما يصاحبها من تغيرات عنيفة فى أحوال الطقس . ولهذا تزداد أهمية علم التنبؤ بأحوال الجو فى مناخات العروض الوسطى التى تمتاز بالاضطراب والتغير المتكرر .

الأقاليم المناخية التى تقع فى مجال العروض الوسطى :

يمكن التعرف على مجموعتين من المنـاخ فى مجال العزوض الوسطى الرطبة همـا :

مجموعة المناخات المعتدلة الرطبة (C) .

ومجموعة المناخات المعتدلة الباردة الرطبة (D) .

ويسقط الثلج شتاء فى مناطق شيوع كلا المجموعتين ، لكن ما يسقط فى المجموعة الأولى (C) قليل ، ولا يبقى فوق سطح الأرض الا مدة قصيرة · أما ثلوج المجموعة الثانية (D) فكثيرة ، بسبب برودة الشتاء ، وتغطى الأرض بغطاء ثلجى يبقى مدة شهر أو أكثر خلال الشتاء · ولقد اقترح كوبين خط الحرارة -٣°م لأبرد شهور السنة كى يفصل بين المجموعتين · اما تريوارثا فقد اقترح خط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد الشهور لتعيين الحدود بين المجموعتين (C) و (D) ·

وتبعا لذلك تتحدد مجموعة المناخ المعتدل الرطب (C) Mesothermal بواسطة المجموعة (D) من ناحية القطبين ومن الجوانب الداخلية · أما من ناحية دائرة الاستواء فان المناخ المعتدل الرطب (C) يجاور المناخ الجاف (B) فى غربى القارات والمناخ المدارى المطر (A) فى شرقى القارات · ولعله من المفيد هنا أن نستذكر ان خط الحرارة ١٨°م لأبرد الشهور يمثل الحد الفاصل بين المناخ المدارى الرطب (A) · والمناخ المعتدل الرطب (C) ·

الأقاليم الثانوية لاقليم المناخ المعتدل الرطب (C) :

يمكن تمييز ثلاثة أقاليم ثانوية يضمها الاقليم المعتدل الرطب هى :

١ - **الاقليم المعتدل ذو الصيف الجاف أو اقليم البحر المتوسط** Dry-Summer Subtropical (Cs) · ويتميز بالصيف الجاف ، وبالشتاء الممطر، فهو اذن شبه رطب ·

٢ - **الاقليم المعتدل (شبه المدارى) الرطب أو الصينى** **Humid (Ca) Subtropical** وهو أكثر مطرا (رطوبة) من الاقليم السابق ، كما أنه دائم المطر ، ومطر الصيف أكثر من مطر الشتاء ·

٣ - **المناخ البحرى** **Marine Climate (Cb)** ويتميز بصيف بارد نسبيا والمطر طول العام ، وهذا النوع يمتد حتى العروض الستينية ، لكنه يلتزم الجوانب الغربية من القارات فى مجال العروض الوسطى حيث تهب الرياح الغربية (العكسية) طوال العام ·

المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف أو مناخ البحر المتوسط (Cs)

الخصائص العامة :

يتمثل المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف أفضل تمثيل ويشيع وجوده فى مساحة ضخمة من حوض البحر المتوسط ، لهذا فانه يحمل اسم الحوض · ويتميز هذا النوع المناخى فى أبسط صوره بثلاث خصائص هى :

١ ـ أمطاره قليلة نسبيا وتتركز فى الشتاء ، والصيف جاف ·

٢ ـ الصيف حار أو دافىء والشتاء معتدل ·

٣ ـ معدل اشراق الشمس مرتفع خاصة فى الصيف ·

والواقع أن هذا الاقليم قد اكتسب شهرة عالمية جذابة بسبب طقسه المشمس الوضاح ، وسمائه الصافية الزرقاء ، وقلة الأيام الماطرة ، والشتاء المعتدل الحرارة ، وما يرصع أراضيه من ورود وثمار وفيرة ·

التـــــوزيع :

يتمثل هذا المناخ فى الهوامش المدارية للعروض الوسطى على امتداد الجوانب الغربية للقارات فيما بين دائرتى عرض ٣٠ ـ ٤٠° شمالا وجنوبا · وهو بهذا يعتبر مناخا انتقاليا بين مناخ السواحل الغربية المعتدل من جهة ، وبين أنواع المناخ الجاف وشبه الجاف فى عروض الخيل (العروض المدارية) من جهة ثانية · وبسبب الانتقال الظاهرى للشمس شمالا وجنوبا فان عروض البحر المتوسط تخضع مناخيا للمناخات المدارية الجافة فى فصل (هو الصيف) بينما يسودها مناخ العروض الوسطى الرطب فى فصل آخر (هو الشتاء) ولهذا فان السكون والثبات المدارى يسودان تلك العروض شتاء ، بينما يشيع فيها التغير والاضطراب الجوى الخاص بالعروض الوسطى فى فصل الشتاء ·

ويتمثل نوع مناخ البحر المتوسط مكانيا فى خمس مناطق رئيسية هى :

١ ـ الأراضى المحيطة بالبحر المتوسط · وهنا يتوغل هذا النوع على امتداد البحر المتوسط نحو ٤٠٠٠ كم فيما بين قارتى أوروبا وأفريقيا ليطول أراضى آسيا بسواحلها فى بلاد الشام (فلسطين ولبنان وسوريا) ·

٢ ـ الأجزاء الوسطى والساحلية من جنوب كاليفورنيا ·

٣ ـ الأجزاء الوسطى من شيلى ·

وفى كاليفورنيا وشيلى لا يسمح امتداد الجبال بتوغل تأثير هذا المناخ الى الداخل ويحصره قريبا من السواحل ، ولهذا يسود المناخ الجاف وشبه الجاف (الاستبس) خلف هذه الجبال (الروكى فى حالة كاليفورنيا ، والأنديز فى حـالة شيلى) ·

٤ ـ الطرف الجنوبى الغربى من أفريقيا ·

٥ ـ الطرف الجنوبى الغربى من استراليا ·

ونظرا لصغر امتداد يابس قارتى أفريقيا واستراليا فى العروض الوسطى

الجنوبية فان مناخ البحر المتوسط يتمثل فى أجزاء محدودة منهما تقع فى أقصى جنوب كل منهما وليس فى الغرب كما هى الحال فى مناطق توزيع هذا المناخ الاخرى ٠

ويشغل هذا المناخ شبه المدارى ذو الصيف الجاف (Cs) مساحة قدرها كوبين بنحو ١ر٧٪ من مساحة يابس العالم ٠ ورغم صغر المساحة التى يشيع فيها ، فانه من أشهر انواع المناخ ، وذلك لأنه يسود حوض البحر المتوسط ويحمل اسمه ، وهو الحوض الذى نشأت فيه وتطورت أعرق الحضارات البشرية ٠

الحـــرارة :

يكاد ينعدم وجود الطقس البارد فى النظام الحرارى لمناخ البحر المتوسط (Cs) ، وذلك بسبب موقعه الفلكى بالنسبة لدوائر العرض ، ولموقعه الجغرافى فى غربى القارات ٠ وعادة ما تتراوح متوسطات حرارة أشهر الشتاء بين ٥ر٤ ـ ٥ر٧°م ، وأشهر الصيف بين ٢١ ـ ٢٧°م ٠ ويتراوح معدل المدى الحرارى السنوى بين ١١ ـ ١٦°م ٠

اقاليم فرعية من اقليم البحر المتوسط (Cs) :

قسم كوبين اقليم البحر المتوسط الى اقليمين فرعيين بناء على درجة حرارة الصيف ، التى تتباين باختلاف الموقع ، وقد أخذ تريوارثا بهذا التقسيم وهما :

اقليم مناخ البحر المتوسط الداخلى Csa ، واقليم مناخ البحر المتوسط البحرى أو الساحلى Csb

اقليم البحر المتوسط الداخلى (Csa) :

اضاف كوبين الحرف (a) الى رمز الاقليم (Cs) ليدل على شدة حرارة الصيف ، وفيه تبلغ حرارة أحر الشهور اكثر من ٢٢°م ٠ ويقع هذا الاقليم فى ظهير الساحل بعيدا فى الداخل ٠ وفيه مايزال الشتاء معتدلا ، فدرجة حرارة ريدلاندس Redlands وهى محطة رصد داخلية فى كاليفورنيا فى شهر يناير ٦ر١٠°م فى المتوسط،وهى اقل قليلا من متوسط حرارة المحطات الساحلية على نفس دائرة العرض ٠ أما الصيف فأحر كثيرا من المحطات الساحلية ، فحرارة يولية فى ريدلاندس ٢٥°م ، وفى سانتا مونيكا Santa Monica على ساحل كاليفورنيا ٩ر١٨°م ٠ ولهذا فان المدى الحرارى السنوى فى محطات رصد اقليم البحر المتوسط الداخلى يصل الى نحو ٨°م ٠ ويشيع هذا النوع المناخى فى أراضى حوض البحر المتوسط فى جنوب أوروبا وشمال

افريقيا وغرب آسيا . ذلك أن مياه البحر المتوسط الدافئة ليس لها تأثير فى تبريد حرارة سواحله ، ولهذا ينعدم وجود نوع البحر المتوسط الذى يتصف بالصيف المعتدل البارد نسبيا .

وهذه المياه الدافئة هى التى تنشىء نطاقا من الضغط المنخفض فى الشتاء تلتقى عنده الكتل الهوائية ، وتتكون الجبهات ، وتجرى خطوط الاعاصير المتتالية عبره نحو الشرق . وتحمل هذه الاعاصير بما يصاحبها من أهوية رطبة الامطار الشتوية الى عمق الداخل ، لهذا يتسع مجال سيادة نوع مناخ البحر المتوسط (Csb) وينتشر فوق مساحة كبيرة . واضافة الى منطقة البحر المتوسط يتمثل نوع مناخ البحر المتوسط (Csa) أيضا فى داخلية جنوب كاليفورنيا ، والاجزاء الداخلية من جنوب غرب استراليا الذى يتبع مناخ البحر المتوسط .

اقليم البحر المتوسط البحرى (Csb) :

يضيف كوبين الحرف (b) الى رمز الاقليم (Cs) ليشير الى صيغة المعتدل الذى تقل فيه حرارة أحر الشهور عن ٢٢°م ، وتزيد فيه حرارة أربعة أشهر على الاقل عن ١٠°م . ويسود هذا النوع السواحل التى تطل على مياه باردة نسبيا . فهو يتمثل فى سواحل جنوب كاليفورنيا ، واقليم البحر المتوسط فى شيلى وجنوب أفريقيا والاجزاء التابعة لمناخ البحر المتوسط من الساحل الاطلسى لكل من أسبانيا والمغرب ، وكذلك الاجزاء الساحلية التابعة لمناخ البحر من جنوب غرب استراليا .

وفى هذه الجهات يكون الصيف معتدلا أو باردا نسبيا Cool بسبب الموقع البحرى من جهة ، والتيارات البحرية الباردة التى تجرى بالقرب من هذه السواحل من جهة أخرى . فمتوسط حرارة شهر يوليو فى سانتا مونيكا Santa Monica بكاليفورنيا ٩ر١٨°م ، وفى سان فرنسيسكو ١٥°م ، وفى فالباريزو Valpariso بشيلى ٩ر١٨°م ، والصويرة (موجادور) فى الساحل المغربى على المحيط الاطلسى ٣ر٢٠°م . ويكثر الضباب البحرى لان تلك السواحل تقع على هوامش الصحراء المطلة على البحر . وتتأخر النهاية العظمى للحرارة ، فشهر اغسطس هو أخر الشهور بدلا من يولية .

والشتاء معتدل ، وينعدم تكون الصقيع تقريبا ، فمتوسط حرارة أبرد الشهور فى فالباريزو بشيلى ٨ر١٢°م ، وبيرث Perth فى استراليا ٨ر١٢°م أيضا ، وفى سان فرنسيسكو ١٠°م . وفى مثل هذه المحطات البحرية يكون الفرق الحرارى السنوى صغير فهو نحو ٥°م فى سان فرنسيسكو وحوالى ١١°م فى فالباريزو ، والمدى الحرارى اليومى صغير أيضا .

من هذا نرى أنه باستثناء السواحل التى تمر بموازاتها تيارات بحرية باردة تكون حرارة الصيف فى اقليم مناخ البحر المتوسط (Ca) بوجه عام مرتفعة تشبه مثيلاتها فى مناخات الصحارى والاستبس المدارية التى تجاورها تجاه دائرة الاستواء . فمناخ محطات الرصد الأوربية على البحر المتوسط تسجل متوسطات حرارية لأحر الشهور تبلغ ٩ر٢٣°م ، وفى شمال افريقيا نحو ٧ر٢٦°م . والرطوبة النسبية منخفضة ، لهذا فان اجتماع الحرارة مع الجفاف يجعل الجو محتملا ، فلا يعرف صيف الاقليم ذلك الجو المرهق الذى يوجد بالجهات الحارة الرطبة .

والحرارة وسط النهار مرتفعة بسبب صفاء السماء وارتفاع الشمس ، لكن ما ان يحل المساء حتى تنخفض الحرارة . لهذا فالفرق الحرارى اليومى كبير ، وهى صفة تميز المناخات الجافة بصفة عامة . ففى محطة سكرامنتو Sacramento فى الوادى العظيم Great Valley يسجل الترمومتر درجات حرارة فى نهار الصيف تتراوح بين ٢٩ - ٣٨°م ، ما يلبث أن يليها تبريد أثناء الليل ، فتهبط الحرارة الى ١٣ - ١٥°م . والمدى الحرارى اليومى لهذه المحطة فى شهر يوليو يبلغ نحو ٢٠°م ، وهو رقم يماثل الرقم المثالى للمناخ الصحراوى .

ويشتهر مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل الصحو المبهج ، لهذا يقصد سكان العروض العليا مناطق شيوع مناخ البحر المتوسط للاستمتاع بشمسه الدافئة . وحتى الأجزاء الداخلية من اقليم البحر المتوسط ماتزال تتمتع بشتاء دافىء تزيد حرارته عن الصفر المئوى بما يتراوح بين ٥ر٥ - ٩°م . فمتوسط حرارة ينـاير فى سكرامنتو ٨ر٧°م ، ومارسيليا ١ر٦°م ، وبيرث باستراليا ٨ر١٢°م ، وروما ٧ر٦°م . Brest

وقد يحدث الصقيع أثناء أشهر الشتاء الثلاثة ، لهذا فان فصل النمو النباتى لا يشمل العام كله ، ومع هذا لا نستطيع أن نقول أن فصل النمو تسعة أشهر ، لأن الاقليم لا يعرف التجمد الا أثناء ليالى معدودات فى وسط الشتاء ، ولا يكون الانخفاض الحرارى الى الصفر وما دونه حادا . فلقد احصيت السنوات التى لم يتكون خلالها صقيع مهلك للمزروعات فى منطقة لوس انجليس فوجد أنها ٢٨ عاما ، وذلك خلال ٤١ عاما ، بينما انخفضت الحرارة بشكل أضر ببعض المزروعات خلال ١٣ عاما فقط . ولقد بلغت أدنى درجات الحرارة التى سجلها الترمومتر فى لوس انجليس -٢ر٢°م ، وفى نابولى (ايطاليا) - ١ر١°م ، وفى ساكرامنتو -٣ر٨°م ، وفى أثينا -٧ر١°م وفى فالينسيا (اسبانيا) -٦ر٠°م . وفى المرات القليلة التى تنخفض

فيها الحرارة ويتكون الصقيع يكون السبب تبريد محلى يعقب وصول هواء قطبى بارد ، وينحصر الانخفاض الحرارى فى طبقة هوائية ضحلة فى الجو السفلى السطحى • ولهـذا تزرع أشجار الموالح الحسـاسة للبرودة على المنحدرات ، وأحيانا ما يتطلب الأمر ايقاد النيران فيما بين الأشجار لتفادى الأضرار البالغة التى يحدثها تكون الصقيع •

التســـــاقط :

تتراوح كمية المطر بـين ٤٠ ـ ٦٥سم ، وهى كمية غير كبـيرة ، لكن معظمها ان لم يكن كلها يسقط فى النصف الشـتوى من السنة ، أما الصيف فجاف • ومناخ البحر المتوسط وحيد فى نمطه ، فليس هناك من المناخات الرطبة مايكون صيفه بهذا الجفاف • واذا حدث وكان هذا القدر المتواضع من المطر يسقط أثناء صيفه الحار حيث التبخر يكون على أشده ، لتحول الاقليم الى شبه صحراوى • لكن المطر ياتى فى الأشهر الباردة نسبياً حين يقل التبخر ، وبالتالى تزيد قيمة كمية المطر الفعلية فتناسب نمو النبات • ولهذا يوصف مناخ البحر المتوسط بأنه شبه رطب ، ولا يوصـف بانه شبه صحراوى • **كما وان تسميته باسم «المناخ المدارى ذو الصيف الجاف» مفيد للغاية فى التفريق بينه وبين نظيره «المناخ الرطب شبه المدارى» الذى يقع فى الجوانب الشرقية من القارات على نفس العروض •**

وتزداد كمية المطر فى مناطق توزيع هذا المناخ كلما اتجهنا نحو القطبين، ومن الداخل نحو السواحل ، الا اذا وجدت مرتفعات تقـوم بتعديل هذه القاعدة • ويمكننا اختيار ثلاث محطـات لتوضيح ازدياد كمية الأمطـار بالاتجاه شمالا نحو القطب فى منطقة البحر المتوسط بكاليفورنيا وترتيبها من الجنوب الى الشمال كالآتى : سان دييجو فى أقصى الجنوب ٤ر٢٤سم ، لوس انجيليس ٦ر٣٩ سم ، وسان فرنسيسكو ٢ر٥٩ سم •

وفيما يخص التوزيع الفصلى للامطار ، نجد أن معظمها (نحو ٧٨٪) يسقط فى الفترة فيما بين ديسمبر ومارس ، ونحو ٢٪ فقط يسقط فيما بين يونية وسبتمبر ، وحوالى ٢٠٪ فى باقى الشهور (أبريل ومايو ، أكتوبر ونوفمبر) • ويرجع السبب فى جفاف الصيف ورطوبة الشتاء ، كما أسلفنا ، الى تزحزح نطاقات الضغط والرياح تبعا لانتقال الاشعاع الشمسى الظاهرى شمال وجنوب دائرة الاستواء ، نحو القطب فى الصيف فيقع الاقليم تحت سيطرة الضغط المرتفع المدارى ، ونحو دائرة الاستواء فى الشتاء ، فيصبح الاقليم تحت سيطرة جبهات وأعـاصير العروض الوسطى • فمعظم المطر اعصارى الأصل • ويسقط المطر فى شكل رخات غزيرة ، وتتخللها فترات

صحو واشراق • ولا يسقط فى جميع أيــام الشتاء ، ذلك أن شــهر ديسمبر يشهد نحو ١١ يوما مطيرا ، ويناير ١٢ يوما ، وحوالى ١٠ يوما لكل من فبراير ومارس • ويقل عدد الأيام ويزداد تبعا لموقع المحطة فى الداخل أو على الســـاحل •

المناخ شبه المدارى الرطب أو المناخ الصينى Ca (f and w)

أوجه الخلاف بينه وبين اقليم البحر المتوسط :

يختلف المناخ الصينى عن مناخ البحر المتوسط فى أمور ثلاثة رئيسية هى:

١ ـ يوجد المناخ الصينى فى شرق القارات فيمـــا بين دائرتى عرض ٢٥° ـ ٤٠° ، بينما يتمثل مناخ البحر المتوسط فى غرب القارات فيما بين دائرتى عرض ٣٠° ـ ٤٠° ، أى أنهمــا يقعان على نفس العــروض ، لكن المناخ الصينى يمتد نحو دائرة الاستواء أكثر من امتداد مناخ البحر المتوسط بنحو خمس درجات عرضية •

٢ ـ كمية الأمطار الساقطة سنويا فوق أقليم المناخ الصينى أكثر منها فوق اقليم البحر المتوسط •

٣ ـ تتوزع الامطار الساقطة فوق جهات الاقليم الصينى توزيعا حسنا على مدار السنة أو تتركز فى الفصل الحار أى فصــل الصيف ، أما الصيف فيكون جافا فى إقليم البحر المتوسط •

هذا ويضم المناخ الصينى (Ca) عند تريوارثا اقليمين ثانويين عند كوبين همـــا (Cfa) أى المناخ الصينى ذو الصيف الحار ، (CWa) أى المناخ الصينى الجاف شتاء والحار صيفا •

التــوزيع الاقليمى :

يتمثل هذا المناخ كما قلنا فى شرقى القارات فيما بـــين دائرتى عرض ٢٥ ـ ٤٠° شمالا وجنوبا • وهو بذلك يوجد فى جنوب الصــين ، وجنوب اليابان ، وشمال الهند ، وجنوب شرق أمريكا الشمالية ، وسهول بمباس ، وأوراجواى ، وجنوب بارجواى ، وجنوب شرق البرازيل ، وساحل جنوب شرق افريقيا ، وأجزاء من شرق استراليا • وجميع مناطق التوزيع كما نرى فى شرق القارات ، الى الشرق من قلبها الجاف ، هذا باستثناء أجزاء صغيرة من أوراسيا تتمثل فى حوض البو بشمال ايطاليا والحوض الادنى من نهر الدانوب حيث يتمثل هذا المناخ الصينى (Ca) ويقع عندئذ فى غربى القلب الجاف من القــارة •

الحـــــرارة :

تتشابه خصائص الحرارة فى كلا الاقليمين الصينى والبحر المتوسط الداخلى Csa وليس هذا بعجيب مادام الاقليمان يقعان على نفس العروض، لكن مادامت مياه التيارات البحرية الدافئة تجرى بجوار سواحل شرقى القارات ، فاننا لا نتوقع وجود سواحل باردة نسبيا تماثل نظيرتها فى أقليم البحر المتوسط Csb حيث تمر بجوار سواحله وتغسلها مياه تيارات بحرية باردة . وهنا لا نجد محطات تتسم بالبرودة النسبية والضباب مثل الصويرة أو سان فرنسيسكو .

الحرارة فى فصل الصيف :

وترتفع الحرارة صيفا اذ يبلغ متوسط حرارة أحر الشهور بين ٢٤° ــ ٢٧°م وذلك فى شرق آسيا وأمريكا الشمالية حيث يتسع اليابس،لكنه ينخفض قليلا فى الجهات الساحلية خاصة فى نصف الكرة الجنوبى حيث يضيق اليابس ، فيبلغ المتوسط نحو ٢٣٫٩°م . مثال ذلك مدينة ديربان Durban فى جنوب أفريقيا حيث يصل متوسط حرارة أحر الشهور (هنا شهر يناير) نحو ٢٤°م ، ومدينة بوينوس أيرس Buenos Aires حوالى ٢٣٫٣°م . أما فى شنغهاى بالصين فان متوسط حرارة أحر الشهور (هنا يولية) تبلغ ٢٧٫٢°م ، وفى مونتجومرى بالاباما ٢٧٫٨°م .

والى جانب الحرارة المرتفعة فى مناخ الاقليم الصينى ترتفع نسبة الرطوبة أيضا ، التى تتراوح بين ٧٠ ــ ٨٠٪ فى المتوسط فى احر الشهور ، ولهذا يكون الاحساس بارتفاع الحرارة والضيق هنا أكثر منه فى جهات البحر المتوسط حتى ولو تساوت درجات الحرارة فى كلا الاقليمين وذلك بسبب جفاف الصيف . ولا يقتصر ارتفاع الحرارة والرطوبة على النهار فقط ، وانما يستمر اثناء الليل بسبب تغطية السماء بالسحاب الذى يمنع تبدد الاشعاع الحرارى الأرضى كما يحدث فى ليالى اقليم البحر المتوسط .

ويشبة المناخ الصينى (Ca) كلا من المناخ الاستوائى (Af) ومناخ السافانا (Aw) **فى أمـرين :**

١ ــ **تماثل حرارة الصيف :** فحرارة نيوأورليانز مثلا أثناء أشهر الصيف الثلاثة يونية ويولية واغسطس تكون أعلى من حرارة بيليم Belem فى وادى الأمزون بما يتراوح بين ١ ــ ١٫٦°م ، وتتساوى المحطتان فى كمية المطر السنوية .

٢ ــ **تماثل حرارة ليالى الصيف :** ففيها جميعا تكون الليالى حارة

رطبة . ولهذا فان المدى الحرارى اليومى فى أشهر صيف هذا الاقليم يبلغ نصف مقداره فى اقليم البحر المتوسط .

الحرارة فى الشـــتاء :

تعتدل الحرارة فى المناخ الصينى فى فصل الشتاء ، فتتراوح بين ٤ر٤° - ٨ر١٢°م . ففى مدينة مونتجومرى بولاية الاباما يبلغ متوسط حرارة أبرد الشـــهور ٩ر٤°م ، وفى شنغهـــاى بالصـــين ٣ر٣°م ، وفى بوينـــوس أيريس بالأرجنتين ١٠°م ، وفى سيدنى باستراليا ١ر١١°م . وتهب على جنوب شرق الولايات المتحدة كتل هوائية مدارية دافئة رطبة من خليج المكسيك ومن المسطحات المائية المدارية بالمحيط الأطلسى فى الشتاء أيضا ، لكنها لا تتمكن من التوغل فى الداخل نظرا لارتفاع الضغط فوق اليابس أثناء ذلك الفصل .

المـــدى الحرارى :

المدى الحرارى السنوى فى المناخ الصينى (Ca) صغير فى العادة ، لكن هناك تباينا كبيرا فى قيم المدى الحرارى السنوى بين مختلف جهاته بسبب التباين فى اتساع المساحة وموقع المحطة المناخية بالنسبة لدرجة العرض . ففى بوينوس أيريس يبلغ المـــدى الحرارى السنوى حـــوالى ١٣°م ، وفى سيـــدنى ٥ر٩° ، لكنه يرتفع فى مونتجـــومرى الى أكثر من ١٨°م ، وفى شنغهاى يبلغ الذروة اذ يصل الى ٢٤°م . ومن الواضح ان المدى الحرارى السنوى يزداد ويعظم كلما اتسعت مساحة اليابس كما فى آسيا حيث تصبح الظروف ملائمة شتاء لشدة البرودة،فتخرج منها رياح موسمية شتوية باردة تهب على شرقى القارة حيث يسود المناخ الصينى فتنخفض درجة الحرارة انخفاضا كبيرا ، وبالتالى يعظم الفرق الحرارى بين أبرد الشهور وأحرها .

وتاتى منطقة توزيع المناخ الصينى فى الصين الأولى فى انخفاض حرارة الشتاء ، تليها منطقة توزيعه بجنوب شرق الولايات المتحـــدة الأمريكية ، ذلك ان متوسط حرارة شهر يناير بمدينة شنغهاى بالصين يبلغ ٣ر٣°م ، وفى مونتجومرى ١ر١١°م .

وفى نصف الكرة الجنوبى تكون الجهات التى تتمتع بالمناخ الصينى أكثر اعتدالا . فحرارة الشتـــاء بها لا تنخفض الى الحـــد الذى تبلغه فى جهات توزيعه بجنوب شرق آسـيا او بجنوب شرق الولايات المتحـــدة الأمريكية ، وذلك لضيق رقعة اليابس وسيادة تاثير المياه الدافئة شتاء .

وتتراوح حرارة وسط النهار فى شتـــاء الاقليم الصينى بين ٨ر١٢°م - ٦ر١٥°م تقريبا ، وتهبط أثناء الليل فتتراوح بين ٧ر١°م - ٢ر٧°م . وهذه

الدرجات ليست منخفضة ، ولكن الاحساس بانخفاضها لدرجة الضيق منها يأتى عن طريق اقترانها بارتفاع الرطوبة ٠

فصـــل الانبـات :

طويل لا يقل عن سبعة أشهر ، ويطـول فى بعض جهات الاقليم ويمتد ليشمل العام كله ٠ لكن الحرارة مع هذا قد تنخفض فى أى شهر من شهور الشتاء الى درجة التجمد ، وهذا لا يحدث عادة الا فى بضع ليال قليلة من هذا الفصل البارد ٠ وكما هى الحال فى اقليم البحر المتوسط (Cs) نجد أن طول فصل الانبات وقلة حـدوث الصقيع الحاد المميت يجعل هـذا الاقليم الصينى مثاليا أيضا لنمو المحاصيل الحساسة والمحاصيل التى تتطلب فصل انبات ونضـج طويل ٠

التســـــاقط :

تسقط الأمطار فى جهات الاقليم الصـينى بوفرة ، ولكنها تختلف من مكان لآخر فى مجال توزيعه من حيث الكمية والتوزيع الفصلى ٠ وتتراوح كمية الأمطار السنوية بين ٧٦ ــ ١٦٥ سم ، وطبيعى أن تتناقص الأمطار بالاتجاه للداخل،وتصل الى أدنى حد لها فيما جاور مناطق مناخ الاستبس٠

وتسقط الأمطار فى بعض جهات هذا الاقليم مـوزعة على جميع اشهر السنة ، فلا يوجد بها فصل جاف ، ويرمز تريوارثا لمناخ تلك الجهات بالرمز (Caf) ، بينما يصبح الشتاء فى جهات أخرى جافا وتتركز امطارها فى فصل الصيف،ويرمز تريوارثا لمناخ هذه الجهات المتميز بهذا النظام بالرمز (Caw)

الأمطـار صيفـا :

وأمطار الصيف أغزر من أمطار الشتاء ٠ وهى فى مناطق السهول من النوع الانقلابى ، ويصاحب سقوطها حدوث رعد وبرق ٠ والواقع أن جهات هذا النوع المناخى فى الولايات المتحدة هى أكثر حظوة من غيرها بعواصف الرعد والبرق ، اذ يحدث بها ما بين ٦٠ ــ ٩٠ عاصفة رعد وبرق كل سنة ٠ ومعظم هذه العواصف ذات نشأة محلية ناتجة عن التسخين السطحى لكتل هوائية مدارية بحرية ٠ واقتران ارتفـاع الحرارة بالرطوبة العالية يهيىء الظروف المناسبة لتكوين عمليات تصاعد وانقلاب محلية نشـطة وعنيفة تصيب جنوب شرق الولايات المتحدة ٠

ويختلف نظام سقوط المطر فى بعض أجزاء الاقليم الصينى الآسيوى فى الصين واليابان عن ذلك بعض الشىء ٠ فهنا نجد قمتين للمطر احداهما فى بداية الصيف والثانية فى نهاية الصيف ، بينما تقل الأمطار نوعا فى وسط

الصيف . وتعزى قمتا مطر الصيف فى أكبر الظن الى سقوط أمطار اعصارية تصاحب تقدم الجبهة القطبية نحو الشمال وتراجعها صوب الجنوب .

وينحصر سقوط عواصف التيفون والهاريكين فى جهات الاقليم الصينى (Ca) فى آسيا وأمريكا ، وهى المسئولة عن كثرة المطر فى أواخر الصيف وأوائل الخريف فى تلك الجهات . وكثيرا ما تسبب غزارة الأمطار أضرارا بالغة لما تحدثه من فيضانات عالية ، كما أن الرياح التى تصاحبها تثير أمواج البحر ، فتتلف منشآت الموانى وتغرق السفن . ففى اعصار أواخر صيف عام ١٩٢٢ الذى ضرب سواحل جنوب الصين وأضر بموانيها تسبب فى وفاة نحو اربعين الف صينى بالاغراق .

الأمطـــار شتـاء :

نظرا لاستقرار الهواء فى الشتاء ، فان المطر الانقلابى المحلى الناشىء عن التسخين السطحى الذى يحدث فى الصيف ، ينعدم فى الشتاء . لكن حينما تضطر كتل الهواء المدارى البحرية المستقرة للصعود فوق حواجز تضاريسية أو تنضوى ضمن نظم اعصارية أو على طول جبهات فان الأمطار تتساقط.ولهذا فانه يمكن القول بان المطر الشتوى ضمن نظام المناخ الصينى هو من النوع الاعصارى فوق السهول ، اعصارى تضاريسى فوق الجبال . وتختلف عن أمطار الصيف فى انها تتوزع على مدة أطول ، ذلك أن عدد الأيام المطرة فى الشتاء أكثر من عدد الأيام المطرة فى الصيف . ولما كانت أمطار الصيف اغزر فان مايسقط فى اليوم الواحد من امطار الصيف يفوق بكثير ما يسقط منها فى يوم من أيام الشتاء . ففى شنغهاى فى الصين ، يسقط المطر نحو ٦ سم فى ١٢ يوما من أيام شهر يناير كل عام تقريبا ، بينما يسقط ١٥ر٣ سم فى ١١ يوما فقط من شهر اغسطس ، فكل يوم ماطر من أيام أغسطس أسقط به المطر ثلاثة أمثال ما يسقط فى يوم ماطر من ايام شهر يناير . ولهذا تكون السماء غائمة فترات أطول فى الشتاء عنها فى الصيف .

ويسقط الثلج فى الشتاء احيانا حينما يهب اعصار عنيف ، لكن الثلج نادرا ما يبقى على سطح الأرض أكثر من أيام قليلة ثم ينصهر . ويبلغ متوسط الأيام التى يسقط فيها الثلج فوق ولايات الخليج الامريكية يوما واحدا فى كل شتاء . أما فى الهوامش الشمالية فان الثلج يسقط فى عدد يتراوح بين ٥ ــ ١٥ يوما ،ويمكث فوق سطح الأرض حوالى نفس عدد الايام.

مناخ السواحل الغربية (Cb , Cc)

التـــوزيع :

تقع الأراضى التى تتمتع بهذا النوع من المناخ فى نطاق العروض

الوسطى ، وتتمثل فى أراضى سواحل غربى القـارات الواقعة فيمـا وراء دائرتى العرض ٤٠° شمالا وجنوبا تجاه القطبين ، حيث تهب رياح غربية من المحيطات المجاورة فتجلب لها المؤثرات المناخية المحيطية ٠

ولا يقتصر وجود هذا النوع المناخى على السـواحل الغربية ، بل قد يمتد ليشمل السواحل الشرقية أيضا ، وذلك حيثما يضيق اليـابس بحيث يعمه تأثير الرياح الغربية كما فى جنوب استراليا وأفريقيـا ، وأيضا حيثما وجدت جـزر فى نفس العروض كالجزر البريطانية ، وجزيرة تسـمانيا ، وجزر نيوزيلندا ٠

ولا يصل تأثير هذا المناخ البحرى الى السـواحل الشرقية حيثما عظم اتساع اليابس ، وحينئذ تقع تلك السواحل الشرقية تحت تأثير مناخ شرقى القارات فى عروض سيادة النظام الموسمى حيث تسودها الحرارة والامطار الموسمية صيفا ، وتتعرض لتاثير كتل هوائية قارية باردة فى الشتاء ٠

ويجـاور مناطق توزيع منـاخ السواحل الغربية (Cb) من جهـة دائرة الاستواء ، اقليم مناخ البحر المتوسط ذو المطر الشتوى ، لكن مناخ السواحل الغربية لا يقع تحت تأثير الضغط المرتفع المدارى صيفا ، ولهذا فانه ممطر أيضا فى فصل الصيف ٠ ولهذا فالفرق كبير بين المناخين : مناخ البحر المتوسط ممطر شتاء ، وجاف صيفا ، بينما مناخ السواحل الغربية ممطر طول العام ، ويساعد على دوام الرطوبة مرور التيارات البحرية الدافئة بحذاء سواحله ، وهبوب الرياح الرطبة عبرها الى السواحل طوال العام ٠

وتساعد التيارات البحرية الدافئة مع الرياح الغربية البحرية على سعة امتداد مناخ السواحل الغربية حتى ليجاور مناخ التندرا من جهة القطبين ٠

وتحدد تضاريس السواحل مدى تداخل وامتداد تاثير مناخ السواحل الغربية نحو الداخل ٠ فحيثما امتـدت الجبال موازية للسـواحل الغربية وملاصقة لها ، فان مناخ السـواحل الغربية ينحصر فى الشريط السـاحلى المحصور بين البحر أو المحيط وبين سلاسل المرتفعات ، كما هـو الحال فى غربى اسكنديناوة وغرب الأمريكتين ، حيث تمنع سلاسل جبال اسكنديناوة وسلاسل الروكى والانديز وصول تأثير المحيط عبرها الى الداخل ٠ اما فى الأراضى الساحلية المنخفضة ، كما هو حال أجزاء من غربى أوروبا ، فان تاثير البحر يستطيع التوغل نحـو الداخل ، ولهذا فان منـاخ السواحل الغربية (Cb) يشيع على امتداد نطـاق غربى شرقى كبير ٠ وينتهى منـاخ السواحل الغربية فى الداخل بمناخات قارية جافة أو رطبة ٠ ففى أمريكا

الشمالية يسود مناخ السواحل الغربية غربى مرتفعات الروكى ، أما فى شرقها فيحل محله المناخ الجاف (B) • وفى أوروبا يحل المناخ البارد الرطب (D) فى الداخل محل مناخ السواحل الغربية •

الحـــــرارة :

لعل هذا النوع المناخى هو أحق من غيره بتعبير «الاعتدال الحرارى» فهو اكثر اعتدالا من مناخ البحر المتوسط ومن المناخ الصينى لاسيما فى **الصيف** • وحرارة الصيف هنا باردة نسبيا ، فهى مثالية لنشاط الانسان ، لكنها منخفضة بحيث لاتلائم النمو الامثل لبعض محاصيل الحبوب الغذائية • ويكون متوسط حرارة صيف هـذا الاقليم أقل من متوسط حرارة صيف الجهات الواقعة على نفس العروض ببضع درجات • والمدى الحرارى قليل، ذلك أن التبريد أثناء الليل ليس سريعا بسبب الرطوبة وغطاء السحاب ، فهو لا يزيد عن عشر درجات مئوية • ومع هذا فقد تشتد حرارة النهار أحيانا حينما يسيطر هواء مدارى حار على جهات الاقليم فترتفع الى نحو ٣٧°م كنهاية عظمى ، لكنها لا تدوم طويلا ، كما أن الموجات الحارة نادرة •

وفى الشتاء تكون الحرارة معتدلة جدا بالنسبة لخط العرض • ويرجع سبب ذلك بالنسبة لغرب أوروبا لمرور مياه تيار الخليج الدافىء (تيار شمال الأطلسى) بجوار سواحله ، ومن ثم تكون حرارة معظم جهات غربى أوروبا أعلى بالنسبة لعروضها بما يتراوح بين ١١ ــ ١٧°م • أما بالنسبة لغرب أمريكا الشمالية فان التيارات البحرية الدافئة التى تمر بسواحله أقل تأثيرا ، لكنها ترفع حرارتها بالنسبة لعروضها بما لا يقل عن ٥ أو ٦°م •

وتتناقص الحرارة شتاء بالاتجاه نحو الداخل • مثال ذلك باريس التى تهبط الحرارة فيها نحو ست درجات مئوية عن بريست Brest التى تقع على الساحل • وكذلك حال رؤوس الفيوردات النرويجية فى الداخل تقل فيها حرارة الشتاء بنفس المقدار تقريبا على الساحل المشرف على المحيط • ولا تتجمد مياه ميناء هامرفيست Hammerfest على ساحل النرويج والواقعة على دائرة العرض ٧١° شمالا ، بينما تتطلب السفن الداخلة الى ميناء هامبورج محطات الجليد لتخلى لها الطريق لدخول الميناء شتاء ، رغم أن هامبورج تقع على دائرة العرض ٥٤° شمالا وتبلغ متوسطات حرارة غرب أوروبا بين ٢ ــ ١٠°م فى شهر ينـاير ، بينما تهبط فى جهات داخلية آسيا الواقعة على نفس العروض الى ١٨ ــ ٤٠°م تحت الصفر المئوى •

ويبلغ متوسط حرارة أبرد الشهور فى لندن ٤°م ، وفى فالينسيا Valentia بايرلندا ٧°م ، وفى فالديفيا Valdivia بشيلى ٨٫٣°م • والمدى الحرارى السنوى صغير ، فيبلغ فى لندن ٧°م ، وفى فالينسيا ٨°م • وليالى يناير التى ترتفع فيها الحرارة عن الصفر المئوى فى لندن اكثر عددا من الليالى التى

تنخفض فيها الحرارة عن الصفر • ويندر فيها أن يسجل الترمومتر حرارة تقل عن – ٩°م • ولم يسجل الترمومتر حرارة أقل من – ١٥° على الاطلاق •

ويحدث الصقيع فى جهات اقليم مناخ غرب أوروبا شتاء ، وتختلف مدة حدوثه من منطقة لاخرى ، وهو أشد وأكثر حدوثا من جهات اقليم البحر المتوسط ومع هذا فان فصل النمو النباتى طويل ، يتراوح بين ١٨٠ – ٢١٠ يوما فى السنة ، لكنه أقل من مثيله فى اقليم البحر المتوسط •

ويصيب اقليم مناخ غرب أوروبا موجات باردة قاسية فى فصل الشتاء حينما تغزوه كتل هوائية قارية قطبية باردة من مناطق الضغط المرتفع المرابضة فوق اليابس الداخلى • وهكذا يعانى الساحل الأمريكى الغربى من وصول رياح باردة شمالية شرقية ، وكذلك غرب أوروبا الذى تهب عليه شتاء كتل هوائية قارسة البرودة تاتيه من الشمال الشرقى وأحيانا يسود غرب أوروبا هذا الهواء القطبى القارى الشديدة البرودة لعدة أسابيع كما حدث فى شتاء عام ١٩٢٩ ، حينما انخفضت درجات الحرارة فى السهل الانجليزى الى ما دون الصفر لمدة حوالى عشرة أيام متواصلة ، وتجمدت مياه نهر التيمز ، وتأثر جميع جهات الجزر البريطانية بالصقيع لمدة خمسة أسابيع • وفى القارة الأوروبية ذاتها تجمدت مياه موانى شمال ألمانيا ، كما تجمدت مياه الراين على جميع طوله • ومع هذا فان غزوات مثل هذا الهواء القارى القطبى البارد قليلة ، لأنها كما نرى من الشمال الشرقى فتواجه الهواء البحرى المعتدل الآتى من الغرب ، مما يحد من تأثيرها • كما وأن الساحل الغربى الأمريكى محمى الى حد كبير ضد غزوات هذا الهواء القطبى البارد بواسطة الحواجز الجبلية •

الأمطـــار :

تسقط الأمطار بكميات وفيرة طوال السنة • وتختلف كمية الأمطار السنوية من مكان لآخر تبعا لعدة عوامل أهمها خصائص السطح • فتكون الأمطار متوسطة الكمية حيثما تسود السهول فى غرب أوروبا ، وتتراوح حينئذ بين ٥٠ – ١٠٠ سم كل سنة • أما حيثما تكون السواحل الغربية مرتفعة وتحاذيها السلاسل الجبلية ، كما هى الحال فى النرويج ، وشيلى ، وغرب أمريكا الشمالية ، فان الأمطار تكون غزيرة ، وتتراوح كمياتها حينئذ بين ٢٥٠ – ٣٨٠ سم •

ويقابل هذا التباين فى الكمية اختلاف فى التوزيع ، فحيثما تسود السهول تتوزع الأمطار المتوسطة الكمية على مساحة كبيرة تمتد بعيدا نحو الداخل ، أما فى المناطق الساحلية الجبلية فان الأمطار تتركز على السفوح الغربية للمرتفعات ، وهى السفوح المواجهة للرياح الغربية الممطرة ، وعلى

المتوسط ، وللمقارنة يبلغ الصيف سبعة أشهر بحرارة تزيد على ١٠°م فى جهات المناخ القارى الدافىء الصيف (Da) .

ونظرا لأن الصقيع ياتى مبكرا ويرحل متأخرا ، فان فصل النمو النباتى يتراوح بين ٣ ـ ٥ أشهر فقط ، وهى فترة قصيرة لا تكفى لزراعة عدد من المحاصيل . لكن يعوض برودة الصيف النسبية وقصره طول النهار اثناء أيام فصل الصيف ، ولهذا تنمو بعض المحاصيل نموا جيدا . ورغم برودة الصيف النسبية ، وتعرضه لكتل هوائية قطبية باردة ، فان الحرارة قد ترتفع أثناءه ارتفاعا كبيرا لتصل الى ٣٢°م واكثر اثناء أسبوعين أو ثلاثة ، وذلك حينما يتعرض الاقليم مثل سابقه لموجات حرارية مدارية ، لكنها لا تكون بقسوة ما يصيب الاقليم السابق (Da) .

والشتاء ببرودته الشديدة هو الظاهر السائد فى هذا النوع من المناخ . ففى بارنول بسيبيريا تهبط حرارة الشتاء الى (ـ٩ر١٨°م) ، وفى سابورو باليابان (ـ١ر٦°م) وفى أوبسالا Uppsala بالسويد (ـ٤ر٤°م) . لكن الحرارة تتذبذب كثيرا أثناء أيام الشتاء بل اثناء اليوم الواحد بسبب اختلاف ما تعرض له جهات هذا المناخ من كتل هوائية ، بعضها شديدة البرودة وبعضها بارد . ففى مدينة وينيبيج بكندا يبلغ معدل النهايات العظمى اليومية لشهر يناير (ـ٣ر١٤°م) ومعدل النهايات الصغرى (ـ٩ر٢٥°م) .

وبرودة الشتاء ليست بهذه الشدة فى الأجزاء الغربية من مناطق سيادة هذا المناخ (Db) فى أوروبا ، أى فى ألمانيا الشرقية وبولندا وجنوب السويد. فمعدل حرارة يناير فى برلين يبلغ (ـ٦ر٠°م) وفى بوزين Posen (ـ٧ر١°م) وهذا المعدل أعلى من مثيله فى كثير من جهات مناخ الاقليم السابق (Da) فى شرقى آسيا وشرق الولايات المتحدة . ومرد ذلك الى أن هذه الجهات من أوروبا تتأثر بكتل هوائية بحرية تجعل صيفها باردا نسبيا ، وشتاءها معتدل البرودة .

التساقط :

تختلف كمية التساقط من جهة لأخرى فى أرجاء هذا الاقليم ففى الاجزاء الداخلية من أمريكا الشمالية وسيبيريا ومنشوريا تقل كمية الأمطار فتتراوح بين ٥ر٦٣ سم ـ ٢ر٧٦ سم ، وقد تهبط الى نحو ٥٠ سم ، وتمثل هذه الاجزاء القسم شبه الرطب من هذا المناخ ، وتسقط الأمطار صيفا ، ويقل التساقط جدا شتاء .

وتزيد كمية التساقط فى شرق الولايات المتحدة وكندا وشمال اليابان

والأجزاء الغربية من المنطقة التى يتمثل فيها هذا المناخ فى أوروبا • ورغم تركزه هنا فى الصيف أيضا ، فان الشتاء ليس جافا ، والتساقط فيه على هيئة ثلج • ويرجع جفاف الشتاء أو قلة التساقط به الى كثرة غزوات الكتل الهوائية القطبية الباردة من جهة ، والى ارتفاع الضغط وخروج الهواء من اليابس من جهة أخرى •

وتمثل مدينة وينيبيج الأجزاء الداخلية حيث يقل التساقط شتاء • فغيها تبلغ كمية التساقط السنوية ٣ر٥١ سم ، وما يسقط منها فى شهر يوليو يعادل أربعة او خمسة أمثال ما يسقط منها فى شهر ينـاير • وفى فلاديفوستوك Vladivostok تبلغ الكمية السنوية ٣ر٣٧ سم ، يخص شهر يوليو منها ٩ر٨ سم ، وشهر يناير ٥ر٢ سم •

اما فى أجزاء هذا الاقليم (Db) الاكثر مطرا ، فان التساقط فى الصيف يعادل تقريبا التساقط فى الشتاء • ففى كويبيك بكندا يسقط كل عام نحو ٤ر١٠٣ سم ، منها نحو ١١ سم فى يولية ، ٧ر٨ سم فى ينـاير ، بل أن التساقط فى بورتلاند فى يناير البالغ ٩ر٩ سم يفوق التساقط فى يوليو البالغ ٦ر٨ سم •

المناخ شبه القطبى Subarctic (Dc , Dd)

التـــوزيع :

يمثل هذا الاقليم اقصى التطرف بين المناخات القارية،فهو يختص باعلى مدى حرارى سنوى بين الأنواع المناخية على الاطلاق • وتبعا لرموز كوبين فان الحرف (c) الصغير يعنى الصيف البارد الذى يتراوح طوله بين شهر واحد وثلاثة اشهر تكون الحرارة فيه أعلى من (١٠°م) ، والحرف الصغير (d) يعنى الشتاء البارد الذى تبلغ فيه حرارة أبرد الشهور (-٣٨°م) • ونوع المناخ شبة القطبى السائد هو نوع (Dc) أما نوع (Dd) فلا يتمثل سوى فى الجزء الشمالى الشرقى الأقصى من سيبيريا •

وتتوزع أراضى المناخ شبه القطبى بين دائرتى عرض ٥٠° (أو ٥٥°) - ٦٥° شمالا ، ويفصله عن مناخ التندرا (ET) فى الشمال خط حرارة ١٠°م لأحر الشهور الذى يكون عادة شهر يولية ، وهو مهم للغاية لأنه يتفق مع الحد القطبى لنمو الغابات ، ويطلق الروس عليه وعلى ما ينمو به من غابات صنوبرية اسم التايبجا Taiga ، وأصبح هذا الاسم يطلق على مناطق توزيع تلك الغابات فى شمال القارات •

وتمتد الأراضى التى تتبع المناخ شبه القطبى أو مناخ التـايبجا من

بعيدا عن تأثير البحار من جهة ، وفى عروض أعلى من عروض المناخ المعتدل الدافىء (C) من جهة أخرى .

الحـــــرارة :

تتباين الحرارة بشدة فى مختلف جهات هذا الاقليم نظرا لكثرة العروض التى يتمثل فيها (فيما بـين ٤٠ ــ ٥٦٥ شمــالا) . وتمتــاز الحرارة فيه بالتطرف ، وتبعا لذلك يعظم المـدى الحرارى السنوى . وحرارة الصـيف مرتفعة بالنسبة لـخط العرض ، لكن الشتاء شديد البرودة ، ومن هنا يأتى الفرق الحرارى السنوى الكبير . وتتفاوت الحرارة الفصلية من عام لآخر ، حتى لتبلغ الفروق الحرارية للفصل الواحد بين عامين متتاليين نحو ١٥°م ، وهذا ما لا نجده فى المناخات البحرية ، حيث تتساوى المتوسطات الحرارية الفصلية من عام لآخر .

وتتساقط الثلوج فى فصل الشتاء ، وتغطى سطح الأرض ، وتبقى فوقه مدة طويلة تكفى للتأثير على درجات الحرارة ، فتعمل على خفضها . ذلك أن معظم الاشعاع الشمسى الذى يسقط على الغطاء الجليدى يعود فينعكس ، ويرتد الى الفضاء دون أن يستفيد منه سطح الأرض أو الهواء المحيط . ولما كان الجليد ردىء التوصيل للحرارة ، فانه لا يسمح للاشعاع الأرضى بالنفاذ خلاله والوصول الى السطح لكى يرفع من حرارة الهواء ، ويعوضه الحرارة التى فقدها بملامسته للجليد .

وقد تبين من الدراسات التى أجريت فى لينينجراد بالروسيا عقب سقوط نحو ٥١ سم من الثلوج ، أن درجات الحرارة قد هبطت الى ــ ٣٩°م (٣٩ تحت الصفر المئوى) عند السطح ، بينما سجلت درجات التربة أسفل الجليد ــ ٨ر٢°م ، وتبعا لذلك يكون الفرق الحرارى بين حرارة التربة أسفل الجليد وحرارة الجو على سطح الجليد نحو ٨ر٤١°م .

وعندما يحل فصل الربيع وترتفع درجات الحرارة ، فان قسما كبيرا منها يستهلك فى صهر الجليد ، ولهذا يتأخر رفع حرارة الجو . ورغم سلبية الجليد على حرارة الجو ، فانه يحفظ للتربة حرارتها ، وبالتالى يقلل من عمق تجمدها .

التســــاقط :

يحدث شتاء على هيئــة ثلج ، وصيفا فى شكل مطــر . والتساقط فى الصيف أغزر منه فى الشتاء للاسباب الآتية :

١ ــ تقل الرطوبة فى الهواء فوق الكتل القارية شتاء بسبب البرودة ، بينما يزداد المحتوى من بخار الماء فى الجو صيفا بسبب ارتفاع الحرارة ، مما يهىء الفرصة لزيادة كميات التساقط .

٢ ـ يكون الهواء باردا فى الشتاء،فيرتفع الضغط فوق أسطح القارات، وتبعا لذلك لا تتمكن الرياح الرطبة والاعاصير الممطرة من التوغل نحو الداخل ، فيقل التساقط ، ويحدث عكس هذا صيفا حيث يكون الضغط فوق القارات منخفضا لارتفاع الحرارة ، فتستطيع الأعاصير والرياح الممطرة التوغل فى الداخل واسقاط الامطار الغزيرة .

٣ ـ يكون الهواء مستقرا فى الشتاء بسبب برودته لملامسته لاسطح الجليد ، المتراكم على سطح الأرض ، ومن ثم يستحيل حدوث عمليات تصعيد هوائى وحركات انقلابية تتسبب فى اسقاط المطر كما هى الحال فى الصيف ، حينما ترتفع الحرارة ، فتتهيأ الفرص لاسقاط المطر الانقلابى .

٤ ـ ينشأ نظام شبه موسمى للرياح بسبب التطرف الحرارى وما يترتب عليه من اختلاف فى الضغط صيفا وشتاء . ولهذا نجد الرياح تهب من البحر نحو اليابس صيفا فتجلب الرطوبة والمطر ، بينما تخرج من اليابس شتاء.

هذا وليس للتساقط الشتوى أهمية بالنسبة للنمو النباتى بسبب شدة البرودة ، ولهذا فان شتاء اقليم المناخ البارد (D) الطويل القارس البرودة هو فصل سكون نباتى . بينما تصاحب حرارة الصيف غزارة الامطار مما يسمح بفصل انبات جيد .

الأقاليم الثانوية :

يقسم تريوارثا اقليم المناخ البارد (D) الى الاقاليم الثانوية الآتية :

١ ـ اقليم المناخ القارى الرطب ذو الصيف الدافىء (Da) .

٢ ـ اقليم المناخ القارى الرطب ذو الصيف المعتدل أو البارد نسبيا (Db) .

٣ ـ اقليم المناخ شبه القطبى (Dc , Dd) .

ويقع الاقليمان الأولان حول الهوامش الجنوبية تجاه دائرة الاستواء ومناخهما يصلح لقيام حياة زراعية ناجحة ، بينما الاقليم شبه القطبى الذى يمثل الاطراف الشمالية تجاه القطب محدود القيمة زراعيا .

وفيما يلى دراسة موجزة لتلك الاقاليم الثانوية :

المناخان القاريان الرطبان (Da , Db)

التوزيع :

ينتهى توزيع وتأثير مناخ السواحل الغربية اما فجاءة اذا ما وجدت

حواجز جبلية ، أو بتدريج حيثما وجدت سهول ، فى داخلية القارات ، ويحل محله مناخ قارى متطرف • ففى أمريكا الشمالية حيث يوجد حاجز جبلى عظيم يكون التغير سريعا ومفاجئا ، بينما يصير التحـول من مناخ السواحل الغربية الى المناخ القارى فى غرب أوروبا حيث السهول متدرجا للغـــاية •

وهناك وجه اختـلاف آخر يميز الكتلتين القاريتـين العظيمتين اللتين تكونان نصف الكرة الشمالى بالنسبة لترتيب الأنواع المناخية • ففى أمريكا الشمالية تفصل المناخات الجافة وشبه الجافة مناخ السواحل الغربية (Cb) عن المناخ القارى الرطب (D) فى أقصى الشرق ، وذلك نتيجة للمانع الجبلى الذى يحول دون عبور الرياح الغربية الممطرة ويقصرها على السفوح الغربية والسهول الساحلية الغربية • ولهذا يصبح يابس القارة شرق الجبال جافا لأنه واقع فى ظـل المطر ، فينتهى بذلك مناخ السـواحل الغربية الرطب بمناخ قارى جاف BS (W) k • .

أما فى أوراسيا فـان امتداد السـلاسل الجبلية من الغرب الى الشرق يسمح بمرور الكتل الهوائية البحرية الرطبة بموازاتها الى داخلية القارة حتى شرقها ، ولهذا فان المناخ القارى الرطب يوجد فى الشرق وفى الوسط غير مفصول بمناخ جـاف عن مناخ السواحل الغربية ، كما يوجـد المناخ القارى الرطب أيضا فى شرق آسيا •

ويتدرج المناخان فى القاريان الرطبان (Db , Da) فى أمريكـا الشمـالية وكذلك فى شرق آسيا الى المناخ شبه المدارى الرطب أو المنـاخ الصينى (Ca) ناحية دائرة الاستواء ، والى المناخ شبه القطبى البارد (Dc , Dd) نـاحية القطب • أما فى أوروبا فان المناخان ينتهيان الى مناخ البحر المتوسط (Cs) ناحية دائرة الاستواء ، والى المناخ شبه القطبى ناحية القطب •

ولقد يبدو الأمر عجيبا وشاذا أن يمتد تأثير المناخ القارى ليسود سواحل المحيط فى الجوانب الشرقية للقارات • ولكن الواقع أن تلك السواحل تقع فى ظل المطر ، ولذلك فان تأثير المحيط المجاور لا يكون فعالا فى تلطيف درجات الحرارة • ونظرا لأن اتجاه الدورة الهوائية العـامة فى العروض الوسطى من الغرب الى الشرق ، فان الكتل الهوائية القطبية البحرية النابعة من المحيط فى الشرق تجد صعوبة كبيرة فى التحرك غربا نحو داخلية القارة• وان الجنوح نحو نظام موسمى للرياح يسود هذه السواحل الشرقية يؤكد قاريتها ، لان الرياح التى تهب عليها شتاء تتمثل فى كتل هـوائية قطبية باردة ، وفى الصيف تهب عليها رياح رطبة نسبيا ممثلة فى بعض كتل هوائية مـدارية رطبة •

الحـــــرارة :

يتميز المناخان القاريان الرطبان (Da , Db) بصيف دافىء الى حار ،وشتاء بارد ، ولهذا فان المدى الحرارى السنوى كبير . فالرياح الشتوية قطبية باردة ، والرياح الصيفية مدارية حارة،وهذه وتلك تؤكد التطرف الحرارى. ويزداد التطرف من الساحل نحو الداخل ومن الجنوب صوب الشمال .

مثال ذلك مدينة نيويورك ومدينة أوماها Omaha بولاية نبراسكا ، فهما تقعان على دائرة عرض واحدة ، لكن نيويورك تقع على الساحل مطلة على المحيط الأطلسى ، بينما تقع أوماها فى عمق الداخل . فتبلغ حرارة يولية فى المدينتين على الترتيب ٢٣ر٩°م ، ٢٥°م ، وحرارة يناير -٦ر٠°م ، -٦°م ، يكون المدى الحرارى السنوى لنيويورك ٢٤ر٥°م ، وأوماها ٣١°م .

التســـــاقط :

يقل التساقط فى الجهات التابعة لهذين المناخين (Da , Db) من السواحل نحو الداخل ، ومن الجنوب نحو الشمال . والتساقط فى فصل الصيف أغزر من فصل الشتاء ، خاصة فى داخلية القارات ، وفى المناطق التى تتميز بالطابع الموسمى . ففى مدينة بيكين فى شمال الصين التى تتمتع بالطابع الموسمى تبلغ كمية التساقط فى كل من شهرى ديسمبر ويناير ٣ر سم ، بينما يصل فى يولية الى ٢٣ سم ، وفى أغسطس الى ١٥ سم . وفى مدينة أوماها التى تمثل النظام القارى الداخلى بأمريكا الشمالية ، يبلغ التساقط فى يناير ٨ر١ سم وفى يونية ١٢ سم .

وفى المناطق الداخلية شبه الرطبة من الكتل القارية **تبلغ الأمطار نهايتها العظمى فى أواخر الربيع وأوائل الصيف** ، كما هى الحال فى حوض الدانوب بأوروبا وفى القسم الغربى من اقليم البرارى بالولايات المتحدة الأمريكية . ففى بلغراد عاصمة يوغسلافيا يكون شهر يونيو أكثر الشهور مطراً ، وأمطار مايو أكثر من أمطار يونيو رغم أن الأخير هو أحر الشهور ، ومثل هذا يقال عن أمطار أوماها ببرارى الولايات المتحدة .

وأمطار الصيف من النوع الانقلابى ، ويصاحبها برق ورعد . ويمكن تعليل كثرة الأمطار فى أواخر الربيع وأوائل الصيف فى بعض جهات المناخ القارى الرطب (D) كما فى حوض الدانوب وغرب البرارى ، بأن الثلوج تنصهر فى الربيع بسرعة ، ويدفأ سطح الأرض بالاشعاع الشمسى القوى سريعا ، وحينما يحل شهر مايو أو شهر يونية تكون طبقة الهواء السفلى قد ارتفعت حرارتها ، بينما ما فوقها من طبقات هوائية مايزال باردا ، وتبعا لذلك يصبح الجو مضطربا غير مستقر ، فيكثر التصاعد والانقلاب ويبلغ اقصاه فى أوائل الصيف ، حينما يكون التفاوت الحرارى على طبقتى الهواء

السفلى والعليا على أشده . أما فى وسط الصيف فان عدم الاستقرار الهوائى الناشىء عن التفاوت الحرارى بين طبقات الهواء السفلى والعليا يكون أقل، رغم ارتفاع حرارة الجو بصفة عامة ، ولهذا يقل التصاعد والانقلاب نوعا ، وتبعا لذلك تقل الأمطار عن بداية الصيف .

وتختلف أمطار شتاء الجهات التى تتبع هذين المناخين القاريين الرطبين (Da, Db) عن أمطار الصيف ، فى أنها اقل كمية كما أنها أمطار اعصارية. ذلك أن الكتل الهوائية المدارية البحرية تغزو الأجزاء الداخلية من القارات، وتقابل كتلا هوائية قطبية باردة تجبرهـا على الصعود فوقها ، وتتكـون جبهات هوائية ويحدث التساقط . والتساقط الشتوى فى الأراضى التـابعة لهذين المناخين يكون جزء منه على شكل ثلج ، يتراكم على سطح الأرض، مكونا لغطاء جليدى رقيق نوعا ، يستمر فترة تتراوح بين بضـعة أسابيع وأربعة اشهر . ويكون الغطاء الجليدى سميكا فى بعض الجهات التى يكثر فيها التساقط الثلجى كمـا فى اقليم البحـيرات العظمى وحـوض السنت لورنس ، ومنطقة نيوانجلند والولايات البحرية الكندية ، فهنا يبلغ سمك الغطاء الثلجى أكثر من مترين،ويمكث فوق سطح الأرض نحو أربعة أشهر.

هذا ويتميز طقس الشتاء بحدوث عواصف ثلجية ثقيلة تعرف فى ولايات شرق الولايات المتحدة باسم بليزارد Blizzard ، ويعرفهـا تريوارثا بأنها «زوبعة من الهواء القـارس البرودة (تحت الصفر المئـوى) تحمل دقيق الثلج» . وقد لا يسقط ثلج حين هبوبها ، لكن الهواء يمتلىء الى ارتفاع عدة مئات من الأمتار بكتل هائجة من الثلوج المنشـورة فى هيئة الدقيق ، تسفيها الرياح وترفعها من الثلوج التى سبق تراكمها على سطح الأرض . ويقول تريوارثا ان هذه الزوابع أقوى وأعنف من أن توصـف بأنها مجرد «موجة باردة» لأن الأخيرة تتميز بانخفاض حاد فى درجات الحرارة يصل الى الصفر ، لكنها لا تتميز بهذا الطقس الثلجى الذى سبق وصفه ، وعادة ما يسبقها سقوط مطر أو ثلج .

وتسبب زوابع البليزارد خسائر فى الأرواح البشرية والحيوانية . ففى أثناء زوبعة بليزارد حدثت يوم ١٢ يناير عام ١٨٨٨ ، واجتاحت ولايات السهول الشمالية الأمريكية ، بلغت سرعة الرياح البـاردة ٨٠ كم/ساعة ، وانخفضت درجات الحرارة الى ٢٠°م تحت الصـفر ، وراح ضحيتها نحو ٣٠٠ شخص ، كما نفقت عدة آلاف من الأبقار . وزوابع البـليزارد نادرة الحدوث فى الولايات الشرقية ، وتحدث أحيانا فى الغرب الاوسط ، ويتكرر حدوثها كل شتاء فى ولايات السـهول وغرب البرارى . وتعرف مثل هـذه الزوابع أيضا فى سهول روسيا وسيبيريا حيث تعرف باسم بوران Buran .

المناخ القارى الرطب الدافئ صيفا Da
(الممطر طول العام Daf ، والممطر صيفا Daw)

يعرف المناخ القارى البارد ذو الصيف الدافئ أحيانا باسم «مناخ نطاق الذرة» لأن معظم محصول الذرة الذى يدخل التجارة العالمية يزرع فى الأراضى التى تتصف بهذا النوع المناخى . كما يعرف أحيانا «بمناخ البلوط» لأن نطاق نمو غابات البلوط يتفق مع هذا المناخ . وهو يسود الهوامش الجنوبية من الاقليم القارى البارد لأنه النوع الدافئ من المناخين . بينما يتمثل النوع البارد الصيف Db فى الهوامش الشمالية من ناحية القطب . ويفصل خط الحرارة ٢٢°م لأحر الشهور بين النوعين Da و Db .

ويتمثل هذا النوع الثانوى Da من المناخ القارى البارد فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عدد من الولايات التى تمتد من وسط كانساس ونبراسكا فى الغرب الى ساحل المحيط الأطلسى فى الشرق ، والتى تشمل ، اضافة للولايتين المذكورتين ، ولايات أيوا Iowa وميسورى الشمالية والوسطى ، والينوى ، وانديانا ، وأوهايو ، وأجزاء من بنسلفانيا ومارى لاند ، ونيوجيرسى ، وكونيكتيكات . يقع نطاق الذرة الأمريكى ضمن أراضى توزيع هذا النـوع من المناخ .

وفى أوروبا يتمثل هذا النوع Da فى الأجزاء الجنوبية من وسطها ، خاصة فى حوض الدانوب ودول البلقان وأعالى حوض نهر البو (Po) فى شمال ايطاليا حيث يزرع معظم الذرة فى أوروبا . وفى آسيا يسود هذا المناخ الثانوى أجزاء من شرق آسيا فى شمال الصين ومعظم كوريا .

الحـــرارة :

يتميز فصل الصيف فى الأراضى التابعة لهذا المناخ (Da) بطوله ورطوبته ، ودفئه ، وتلك صفات تصاحب الكتل الهوائية المدارية الرطبة التى تسودها فى هذا الفصل . وتبلغ حرارة الصيف فى الجهات التى تتبعه فى آسيا وأمريكا الشمالية بحرارة مرتفعة تشبه حرارة الجهات شبه المدارية بل والجهات المدارية أيضا . ففى بلدة يوربانا Urbana بولاية الينوى ، الواقعة فى قلب نطاق الذرة الامريكى ، يبلغ متوسط حرارة يولية ٢٤°م ، ومتوسط النهايات العظمى ٨ر٢٩°م ، وأقصى درجة تم تسجيلها كانت ٦ر٤٠°م . ويبلغ متوسط النهايات الصغرى فى نفس المدينة ٨ر١٧°م . فقد يحدث أحيانا أن يغزو هواء قطبى تابع لجبهات باردة وما يصاحبها من زوابع برق ورعد بعض جهات هذا الاقليم ، فتنخفض الحرارة ، وتنقطع بذلك سلسلة تتابع

الايام الحارة . واجتماع الحرارة مع طول فترة الصيف التى تتراوح بين ١٥٠ ـ ٢٠٠ يوما تخلو فيها جهات هذا الاقليم تماما من حدوث الصقيع المميت ، يجعلان هذا المناخ صالحا للزراعة .

ويمتاز شتاء هذا **الاقليم المناخى (Da)** بانه بارد نسبيا ، وغير مستقر نظرا لما يغزو مناطق توزيعه من كتل هوائية مدارية وقطبية . ويبلغ متوسط حرارة شهر يناير فى بلدة يوربانا (ـ ٦ر٣°م) ومتوسط النهايات الدنيا اليومية (ـ٨°م) ،وقد سجل الترمومتر نهايات دنيا هبطت الى (ـ٧ر٣١°م) .

الأمطـــــار :

تعانى جميع الأراضى التى يسودها مناخ قارى رطب دافىء الصيف(Da) بقلة التساقط ، ولهذا فان معظم الأراضى الأوربية والآسيوية والأمريكية التى تنتمى لهذا النوع من المناخ تتصف بأنها شبه رطبة ، وتسودها الحشائش كنبات طبيعى . ولا يستثنى من مناطق سيادة هذا النوع المنــاخى سوى كوريا واليابان والأجزاء الوسطى والشرقية من الولايات المتحدة الامريكية التى تحظى بكميات سنوية من التساقط تزيد على ٧٦ سم . وفى المناطق شبه الرطبة قد تفشل المحاصيل بسبب الجفاف كما يحدث فى شمال الصين .

وتكثر الأمطار فى الصـيف ، ويتفق سقوطها مع فصل النمـو النباتى وموسم الزراعة . ومعظمها من النوع الانقلابى المصحوب بعواصف الرعد والبرق . ويعتبر سقوط الأمطار فى موسم الحرارة مع طول فترات سطوع الشمس مناسبا جدا لمحصول الذرة . ففى بيوريا Peoria بـولاية الينوى يكون فصل الصيف أكثر الفصول حرارة ومطرا ، ومع ذلك يكون أكثرها سطوع شمس . مثال ذلك يسقط عليها فى شهر يوليو ٦ر٩ سم من المطر ، فى عشرة أيام ، مع نسبة سطوع شمس تبلـغ ٧٥٪ . بينما يسـقط فى شهر يناير ٦ر٤ سم فى تسعة أيام ، مع نسبة سطوع شمس مقدراها ٤٧٪ فقط . وفى نطاق الذرة الامريكى تحدث كل سنة ما بين ٤٠ـ٦٠ عاصفة مرعدة مبرقة .

والتساقط فى الشتاء أقل من الصيف ، لكنه يعتبر فصلا ممطرا فى كوريا واليابان ، وفى أجزاء من وسـط أوروبا ووسـط وشرق الولايـات المتحدة الأمريكية . ونسبة من التساقط تكون فى هيئة ثلج ، لكنها عادة تكون أقل من نصف التساقط فى الشتاء ، بل ان التساقط فى شكل ثلج فى بلدة بيوريا بولاية الينوى ولا يزيد عن الثلث بل قد لا يزيد عن ربع التساقط السنوى . ويسقط الثلج فى عدد من الايام يتراوح بين ٢٠ ـ ٣٠ يوما كل سنة . ويتكون على سطح الأرض غطاء ثلجى يستمر مـدة تتراوح بين عشرة أيـام على

الهوامش الجنوبية التابعة لهذا المناخ وستين يوما على الهوامش الشمالية . أما فى جهات آسيا التابعة له فيقل تساقط الثلج بسبب جفاف الشتاء ، ولهذا لا يتكون غطاء جليدى .

المناخ القارى الرطب البارد صيفا Db

(الممطر طول العام Dbf ، والممطر صيفا Daw)

التـــــوزيع :

تقع الأراضى التى يسودها هذا المناخ الى الشمال من منـاطق توزيع النوع السابق (Da) ، وبينه وبين المناخ شبه القطبى (Dc , Dd) . ويعرف هذا المناخ أحينا بنمط **مناخ نطاق القمح الربيعى** ، نظرا لشيوع زراعة هذا المحصول التجارى الهام فى الأراضى التى يسودها نوع المناخ القارى الرطب البارد صيفا (Db) .

ويتمثل فى أمريكا الشمالية فى الولايات الشمالية من الولايات المتحدة وفى أجزاء من جنوب كندا الى الشرق من خط طول ١٠٠° غربا ـ كما يتمثل فى أوروبا فى معظم أراضى بولندا وألمانيا الشرقية والأراضى المحيطة بالبحر البلطى،وأراضى السهل الروسى الواقعة بين دائرتى عرض ٥٠ ـ ٦٠ شمالا. ويمتد فى شمال آسيا فى أراضى سيبيريا فى هيئة شريط ضـيق على جانبى دائرة عرض ٥٥° شمالا ، كمـا يظهر فى شمال شرق آسيا خـاصة فى وسط وشمال منشوريا وشـمال اليابان . هـذا وتتاخمه فى روسـيا الأوربية وفى سيبيريا من جهة الجنوب الأراضى التابعة لمناخ الاستبس BSK .

الحـــــرارة :

تنخفض الحرارة فى أراضى هذا الاقليم المناخى عنها فى الاقليم السابق (Da) ، وذلك لوقوعها أقرب الى القطب . ويزيـد الفرق الحرارى بين الاقليمين فى الشتاء عنه فى الصيف . فبينما يبلغ الفرق بينهمـا فى الصيف بين ٣ ـ ٦°م ، نجده يكبر فى الشتاء فيتراوح بين ٦ ـ ١٦°م . ولهذا نجد المدى الحرارى السنوى فى اقليم المناخ القارى البارد (Db) أكبر.ويعزى هذا الى الانخفاض الكبير فى درجات حرارة الشتاء على وجه الخصوص .

وعادة ما يكون الصيف معتدلا دافئا لعدد قليل من الشـهور . فحرارة شهر يوليو فى مونتريال بكندا تبلغ ٦ر٢٠°م ، وفى موسكو ٩ر١٨°م ، وفى بارنـول Barnaul بسيبيريا ٤ر١٩°م ، وفى سابـورو Sapporo باليـابان ٦ر٢٠°م . ورغم دفء الصيف فانه قصـير ، ذلك أن النصـف الصيفى من السنة لا يتعدى خمسة أشهر تكون فيهـا درجة الحرارة أعلى من ١٠°م فى

السهول المحصورة بينها وبين خط الساحل،أما المنحدرات الشرقية فيسودها الجفاف لأنها تقع فى ظل المطر ٠

وتسقط الأمطار ، كما قلنا ، بكميات وفيرة وفى كل فصول السنة ٠ فلا يوجد فصل تقل فيه الأمطـار قلة واضحة ، وآخر تكثر فيه كثرة مفرطة ٠ ولا يعنى هذا أن جميع شهور السنة متساوية فى كمية ما يسقط فيها من مطر بل المعنى أن المطر لا يغزر فى فصل دون آخر من فصول السنة كما هى الحال فى اقليم البحر المتوسط مثلا حيث يسقط المطر شتاء دون الصيف ، أو اقليم السافانا حيث يغزر المطر صيفا دون الشتاء ، أو فى الأقاليم الموسمية المناخ بصفة عامة٠والمطر الساقط فى أى فصل من فصول السنة كاف للنمو النباتى٠ ومع هذا فان المناطق الجبلية التى تقع ضمن مناخ السواحل الغربية تزيد فيها الامطار شتاء عنها فى الصيف ٠ ففى مدينة بريست ، بشمال غرب فرنسا ، يسقط نحو ٥٩٪ من كمية المطر السنوى فى النصف الشتوى من السنة ، و٤١٪ فى النصف الصيفى ، وكذلك حال فالينسيا بأيرلندا على وجه التقريب ٠ وفى جهات شيلى الواقعة بين دائرتى عرض ٤٢ ــ ٤٥° جنوبا ، تبلغ كمية أمطارها الشتوية ثلاثة أمثال كميتها الصيفية ٠

ويقل سقوط الثلج فى المناطق الساحلية والأراضى السهلة بسبب اعتدال الحرارة شتاء ٠ ويبلغ متوسط عدد الأيام التى يسقط فيها الثلج فى باريس أربعة عشر يوما فقط كل شتاء ، وفى جنوب غرب الجزر البريطانية أربعة أيام ، لكن فى شمالها الشرقى يزيد العدد فيبلغ ٢٥ يـوما ٠ ويكثر تساقط الثلوج فوق الجبال المتاخمة للسواحل الغربية حيث يغزر التساقط الاوروجرافى (التضاريسى) ٠ فعلى السفوح الغربية لجبال كاسكيد Cascade يسقط كل شتاء كميات من الثلوج تتراوح بين ٧٥٠ ــ ١٠٠٠ سم ، وكذلك الحال فوق السفوح الغربية لكل من مرتفعات اسكنديناوه وجنوب نيوزيلند ، وجنوب جبال الانديز ، والسلاسل الساحلية لكولومبيا البريطانية ٠

والأمطار التى تسقط فـوق السهول من النوع الاعصـارى ، ويستمر سقوطها فترات طويلة من سماء غائمة رمادية السحاب ٠ وتكثر الأعاصير فى الشتاء ، ولهذا تكثر أيام هطول الأمطـار ٠ وعلى الرغم من أن أعـاصير الصيف أقل،وبالتالى يكون عدد أيام الهطول أقل أيضا ، فان سقوط الامطار يكون أغزر وأشد ٠ ففى لندن يبلغ عدد الايام المطيرة فى يولية ١٣ يوما ، وكمية المطر ٥ سم ، أما فى يناير فيكون عدد أيـام المطر ١٥ يوما ، وكمية المطر حوالى ٦ سم ٠هـذا ويقل حدوث زوابع البرق والرعـد فى الجهات الساحلية ، ويزيد فى الجهات الجبلية ٠ ولا تزيد كمية الامطار الساقطة فى الايام الماطرة التى يحدث فيها برق ورعد عن ربع أو ثلث أمطار الصيف ٠

ويتميز التساقط فى اقليم مناخ السواحل الغربية بظاهرة خاصة،فكميات

الأمطار الساقطة صغيرة نسبيا لا تتناسب مع عدد الأيام الكثيرة التى يسقط فيها • مثال ذلك باريس حيث يسقط بها نحو ٥٧٫٤ سم سنويا موزعة على ١٨٨ يوما مطيرا ، وفى لندن يسقط نحو ٦٢٫٥ سم فى ١٦٤ يوما مطيرا • ويعتبر مناخ السواحل الغربية أكثر أنواع المناخ سحبا ، كما يتميز بكثرة حدوث الضباب أيضا • ونسبة التغيم فى معظم جهات مناخ السواحل الغربية تصل الى ٧٠٪ ، وتغيب الشمس تماما لبضعة أسابيع متواصلة • ويكون الخريف والشتاء أكثر فصول السنة تغيما ، وذلك لكثرة ورود الأعاصير • وتشرق الشمس فى فالينسيا بأيرلندا فى ديسمبر بنسبة ١٧٪ ، ٤٣٪ فى مايو •

اقليم المناخ البارد الرطب (D) Humid Microthermal Climate

التـــــوزيع :

تظهر خصائص هذا النوع المناخى البارد الرطب فى العروض العليا وفى المناطق الداخلية من القارات التى تتسع مساحاتها فى تلك العروض ، لذلك فهو يوجد فى نصف الكرة الشمالى فقط فى قارة أوراسيا وفى أمريكا الشمالية • ويمتد حتى السواحل الشرقية لتلك القارات ، لان خصائص المناخ القارى تسود تلك السواحل بسبب تأثرها معظم السنة بالرياح القارية التى تهب من داخل اليابس نحو المحيطات • بينما لا تخضع السواحل الغربية للمناخ البارد (D) لأنها تتعرض لهبوب الرياح الغربية المعتدلة الآتية من المحيط طوال العام •

وينتشر المناخ البارد الرطب على درجات عرض تبدأ بدائرة العرض ٤٠° وحتى ٦٠° أو ٦٥° شمالا وجنوبا • لكنه لا يتمثل فى نصف الكرة الجنوبى رغم أن أمريكا الجنوبية تمتد جنوبا لدائرة العرض ٥٥° جنوبا ، وذلك بسبب صغر مساحة اليابس وضيقه ابتداء من دائرة العرض ٣٥° جنوبا ،مما يساعد على اعتدال المناخ ،ويحول دون ظهور المناخ البارد (D)

ويجاور المناخ البارد (D) المناخ القطبى (E) من جهة الشمال ، ويفصل بينهما خط الحرارة ١٠°م لأحر الشهور • بينما يجاوره من جهة الجنوب المناخ المعتدل الدافىء (C) بقسميه : المناخ الصينى (Ca) ومناخ البحر المتوسط (Cs) •

ويمتاز المناخ الرطب (D) بصيف قصير ، وشتاء طويل بارد • وفيه يتساقط الثلج ، ويغطى الأرض بطبقة رقيقة نوعا من الجليد • وتبعا لذلك فهو يختلف عن المناخ المعتدل الدافىء الرطب (C) ، فى أن شتاءه أبرد ، وصقيعه اكثر وأطول أمدا ، ومداه الحرارى السنوى أكبر • ويرجع هذا الى أن مناطق توزيع المناخ البارد (D) تقع ، كما أسلفنا ، فى داخل اليابس

السويد وفنلندا غربا حتى سواحل سيبيريا · وتتسع مناطق توزيعه فى سيبيريا لازدياد قارية المناخ · وتتوزع أراضى هذا المناخ فى شمال امريكا الشمالية من الاسكا غربا عبر الأراضى الكندية الى لبرادور ونيوفوندلاند شرقا.

الحـــــرارة :

تمتاز جهات توزيع هذا المناخ بشتاء طويل قارس البرودة ، وصيف قصير جدا وربيع وخريف قصيرين للغاية ايضا ، كما تمتاز بوجود شهر على الأقل ترتفع فيه درجات الحرارة عن ١٠°م ، وعادة ما يكون ذلك الشهر هو يولية · ففى ياكوتسك Yakutsk بسيبيريا ، الواقعة على حوالى خط عرض ٦٢° شمالا ، التى تمثل التطرف ضمن مناخ التندرا (Dolw) يبلغ متوسط حرارة يوليو ١٨٫٩°م ، وهو متوسط يزيد على متوسط حرارة نفس الشهر فى لندن أو برلين ، بل انه يزيد بنحو خمس درجات مئوية عن متوسط حرارة يولية فى سان فرانسيسكو · لكن متوسط حرارة يونية تبلغ ١٢٫٨°م واغسطس ١٥°م ويعوض قصر الصيف طول النهار رغم قلة كثافة الاشعاع الشمسى ، كما أن قصر الليل لا يسمح بالتبريد السريع · فطول نهار شهر يونية على دائرة العرض ٥٥° شمالا نحو ١٧٫٣ ساعة ، وعلى دائرة ٦٠° شمالا نحو ١٨٫٨ ساعة ، وعلى دائرة ٦٥° شمالا ٢٢٫١ ساعة ·

وطبيعى أن يكون فصل النمو النباتى قصير ، فهو فى وادى ماكينزى Makenzie بكندا يتراوح بين ٥٠ ـ ٦٥ يوما · وتسجل كثير من المحطات المناخية فى جهات هذا الاقليم درجات حرارية تهبط الى الصفر المئوى فى الصيف حتى فى شهرى يوليو واغسطس ، ويحدث ذلك كل عامين مرة فى المتوسط ، وان تكرار حدوث الصقيع فى فصل النمو وهو الصيف هنا يعرقل الاستخدام الزراعى للأرض · ولهذا فان كثيرا من أراضى المناخ شبه القطبى خالية تماما من السكان ، الا حيثما اشتغل البعض بحرفة التعدين أو قطع الأخشاب أو صيد الحيوانات البرية ·

وتنخفض الحرارة انخفاضا كبيرا فى شتاء المناخ القطبى · ففى بلدة فيرخويانسك Verkhoyansk فى الجزء الشمالى الشرقى من سيبيريا تنخفض الحرارة فى شهر يناير فيبلغ متوسطها نحو ٥١°م تحت الصفر المئوى ، كما سجل الترمومتر نهاية صغرى بلغت نحو ٦٨°م تحت الصفر وكان ذلك فى شهر فبراير سنة ١٩٨٢ ، لكن تلك حالة شاذة · وفى ياكتسوك Yakutsk يبلغ متوسط حرارة يولية ١٨٫٩°م ، ويهبط متوسط حرارة يناير الى ٤٣٫٣°م تحت الصفر ، ومن ثم يصبح المدى الحرارى السنوى نحو ٦٢٫٢°م·

وتقل قسوة برودة الشتاء فى أمريكا الشمالية عنها فى سيبيريا ، ذلك

لأن آسيا أعظم اتساعا من أمريكا الشمالية ، ومن ثم فهى أكثر منها تطرفا، كما وأن مرتفعات شرقى آسيا تمنع المؤثرات المحيطية من التوغل فى اليابس الآسيوى ، بينما تحجز الهواء القارى البارد فيتراكم فوق سيبيريا ، فينشا عن ذلك تكوين ضد اعصار هائل ٠ ومثل هذا يساعد على خفض درجات الحرارة كثيرا فى شتاء سيبيريا ٠

ولا توجد فى شرقى كندا مثل هذه الجبال المرتفعة التى تعرقل وصول المؤثرات البحرية الى اليابس ، كما لا تتجمع وتتراكم كتل الهواء البارد ، بل تنصرف الى المحيط ٠ ولهذا فان معظم محطات الرصد التى تمثل هذا النوع المناخى فى كندا أمثال موس Moase ، وفاكتورى Factory ، ودوسون Dawson تسجل متوسطات حرارية لشهر يناير أكثر ارتفاعا من مثيلاتها فى سيبيريا ، فهى على التوالى -٢٠°م ، -٣٠°م ، -٦ر٣٥°م ٠

التســـــاقط :

التساقط قليل ٠ فهـو لا يزيد على ٣٨ سم فى معظم أنحـاء التاييجا بسيبيريا ، ويقل عن ٥١ سم فى جهات المناخ شبه القطبى بكندا ، ولكنه يزيد عن هذا المقدار فى الهوامش البحرية من مناطق توزيعه فى أوراسيا وكندا ٠ ويعد هذا المقدار كافيا لنمو الغابات الصنوبرية ، وذلك بسبب انخفاض الحرارة وقلة التبخر وتجمد التربة ٠وترجع اسباب قلة التساقط الى انخفاض الحرارة ، ومن ثم انخفاض الرطوبة النسبية ، والى وجـود ضد اعصار شتوى قوى ، والى عظم مساحة اليابس على دوائر العرض شبه القطبية ٠

ويتركز التساقط فى أكثر الشهور حرارة ، ورغم قلتها فهى كافية لنمو بعض المحاصيل ٠ ففى ياكوتسك Yakutsk حيث تبلغ كمية التساقط السنوى حوالى ٣٥ سم ، يصـيب منها شهر أغسطس ٦ر٦ سم وهـو اكثر الشهور تساقطا ، بينما يصيب شهر فبراير ، وهو اقل الشهور تساقطا ، ٥ر٠ سم ٠

ولا تلائم أحوال الجو شتاء حدوث التساقط ٠ ففى الشـتاء تنخفض الحرارة انخفاضا كبيرا ، وتبعا لذلك تهبط الرطوبة النسبية ، كما ويرابض فوق اليابس ضد اعصار تخرج منه الرياح من اليابس نحو البحر ٠ وتبلغ هذه الأحوال غاية التطرف فى أراضى سيبيريا الوسـطى والشرقية ، حيث تتمركز البرودة القصوى ، ويرابض الضغط الشديد الارتفاع ، وكلها أحوال تؤكد الجفاف ، فلا يسقط فى الشتاء سوى ١٠٪ من كمية التساقط السنوية ٠ ويكون التساقط فى فصل الشتاء فى شكل ثلج ، ويتراكم على سطح الأرض مكونا غطاء جليديا رقيقا ، ويمكث على السطح نحو سبعة أشهر ، ثم يبدأ فى الانصهار فى الربيع وأوائل الصيف ٠ ويقل حدوث العواصف الثلجية فى

نطاق التايبجا لان الغطاء الغابى يكسر حدة الرياح ، فلا تقوى على تذرية الثلوج وتعكير الجو بحبيباتها كما يكسر حدة الرياح ، البرارى الى الجنوب منها وفى اقليم التندرا الى الشمال منها ٠

المنـاخ القطبى Polar Climate (E)

اذا كانت أقاليم المناخ المدارى تفتقر الى وجود فصل بارد ، فان الاقاليم القطبية محرومة من فصل دافىء٠واذا كان بعض الرحالة قد سجلوا درجات حرارية داخل الدائرة القطبية وصلت الى نحو ٢٦°م ، فانها حالة شاذة ، وان يوما دافئا لا يصنع فصل صيف٠وتعتبر ظاهرة **«فصلية النهار المتواصل والليل المستمر»** من الظـواهر المهمة والملفتة للنظر ، بل والمثيرة للعجب بالنسبة لغير الجغرافى فى اقليم المناخ القطبى ٠ فعند القطبين تغيب الشمس كلية لمدة ستة أشهر ، وتظهر فوق الأفق بقليل لمدة الستة أشهر التالية ، لكن اشعاعها بسبب الميل الشـديد يكون ضعيفـا ٠ وعنـد الدائرتين القطبيتين (٥ر٦٦° شمالا وجنوبا) تتراوح فترة نور الشمس بين ٢٤ ساعة عند الانقلاب الصيفى الى غيابه تماما حين الانقـلاب الشتوى ٠ وتصـير فترات اشراق الشمس وفترات احتجـابها ذات طبيعة وسـطى بين الطرفـين فى مختلف الاماكن التى تقع بين القطبين والدائرتين القطبيتين ٠

ولهذه الظاهرة تاثير مناخى مهم ٠ فالمدى الحرارى يصبح قليل الأهمية فى هذا الاقليم الذى يتقاسم فيه السنة ليل واحد ونهار واحد٠ويصبح للمسار السنوى للحرارة وجه مخالف ، فعند القطب الشمالى ، على سبيل المثال ، يختفى الاشعاع الشمسى المباشر لمدة ستة أشهر ٠ ويتواصل فقدان الحرارة بالاشعاع الارضى ،حتى تصل الحرارة الى نهاية دنيا قبيل الاعتدال الربيعى٠

التـــــوزيع :

يتمثل المناخ القطبى فى العروض العليا ، ويشبهه مناخ أعالى الجبال الشاهقة فى جميع العروض ، لكن تبدو تلك المنـاطق منعزلة ومبعثرة هنا وهناك ، وسنعالج مناخها ضمن نوع خاص يسمى مناخ المرتفعات ، ويرمز له بالحرف الكبير H ٠

ويحدد الحـد القطبى لنمو الغـابات الأراضى التابعة لاقليم المنـاخ القطبى ٠ ويتفق هذا الحد مع خط الحرارة ١٠°م لأدفأ الشهور ٠ ويخرج من مجال الاقليم القطبى أراضى السواحل التى ترتفع فيها درجات الحرارة عن الصفر المئوى لفترة معلومة ومحدودة من كل عام ، ومن ثم يخرج من مجاله الطرف الجنوبى الأقصى من أمريكا الجنوبية ٠

ويسود المناخ القطبى أراضى آسيا واوروبا وأمريكا الشمالية التى تطل على المحيط المتجمد الشمالى ، كما يسود الجزر الواقعة الى الشمال من تلك

الاراضى ، بالاضافة الى جزيرة جرينلاند . أما فى نصف الكرة الجنوبى فانه يتمثل فى القارة القطبية أنتاركتيا .

ولاشك أن هناك بعض الاختلافات المناخية بين الاقليم القطبى الشمالى الذى يتمثل فى بحر متجمد تحيط به كتل لليابس ، وبين الاقليم القطبى الجنوبى الذى هو قارة تحيط بها البحار من كل جانب . لهذا فان مناخ القارة الجنوبية يبدو أكثر انتظاما وتناسقا وبساطة فى ظواهره المناخية من الاقليم القطبى الشمالى ، الذى يتصف بالتغير الفصلى .

الحرارة والتساقط :

يختص المناخ القطبى بادنى معدل حرارى سنوى ، وباقل متوسط حرارى صيفى بين مناخات العالم ، فرغم طول دوام اشراق الشمس فى الصيف ، فان الحرارة تبقى منخفضة ، فالاشعاع الشمسى يكون ضعيف الأثر بسبب شدة ميله ،كما وأن معظم الاشعاع الشمسى ينعكس على سطح الجليد ، أو يستهلك فى صهر الغطاء الجليدى ، وفى تبخير المياه ، لهذا لا يستفيد سطح الأرض ولا الهواء من فوقه من الاشعاع الشمسى كثيرا .

والشتاء قارس البرودة ، وتنخفض فيه درجات الحررة الى ما دون الصفر بكثير ، وشدة برودة الشتاء كافية لاظهار مدى حرارى سنوى كبير .

والتساقط قليل فى كل انحاء العروض العليا ، فهو يقل عن ٢٥ سم فى كثير من جهات الاقليم . لكن على الرغم من قلته فان قلة التبخر تسمح بجريان سطحى معظمه فى هيئة أنهار جليدية . وبسبب قلة التبخر وصغر حجم الانصهار تراكم الجليد فوق كل من جزيرة جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية ، وبلغ سمكا يناهز الثلاثة آلاف متر فى بعض اجزائهما ، هذا رغم قلة كمية التساقط.وترجع قلة التساقط لبرودة الجو التى لا تسمح الا برطوبة نسبية منخفضة . وترتفع معدلات التساقط فى الاشهر الاكثر حرارة حينما يزداد معين الرطوبة .

ويقسم تريوارثا اقليم المناخ القطبى (E) الى اقليمين ثانويين يفصل بينهما خط الحرارة صفر درجة مئوية وهما : مناخ التندرا ومناخ الغطاءات الجليدية ، ويفصل بينهما خط الحرارة صفر درجة مئوية .

أما مناخ التندرا فيرمز له بالحرفين الكبيرين (ET) ، وفيه تكون درجة حرارة شهر أو اكثر من أشهر الفصل الدافىء أعلى من الصفر المئوى وأقل من ١٠°م ، وتتحرر الارض من الثلوج ، ويمكن نمو نباتات هزيلة وقصيرة.

ويرمز تريوارثا لمناخ الغطاءات الجليدية بالحرفين الكبيرين (EF)

وفيه تبقى الحرارة دون الصفر المئوى طوال العام ، ويستحيل النمو النباتى . ويغطى اراضيه غطاء جليدى دائم .

اقليم مناخ التندرا Tundra (ET)

التـــــوزيع :

يعتبر مناخ التندرا مناخا انتقاليا بين مناخ الغطاء الجليدى او اقليم الثلج والجليد الدائم من جهة والمناخ شبه القطبى من جهة اخرى . ويحدده من ناحية دائرة الاستواء خط الحرارة ١٠°م لأدفأ الشهور ، ومن ناحية القطب خط الحرارة صفر درجة مئوية لأدفأ الشهور .

ولا يوجد مناخ التندرا على اليابس الا فى نصف الكرة الشمالى . أما فى النصف الجنوبى فان عروضه تشغلها المحيطات الجنوبية ، ربما باستثناء اطراف قارة انتاركتيكا وبعض الجزر المتاخمة لها ، التى يمكن اتباعها لمناخ التندرا . وأكثر أراضى التندرا اتساعا تمتد بامتداد سواحل كل من أوراسيا وأمريكا الشمالية المطلة على المحيط المتجمد الشمالى ، ويتمثل هذا المناخ أيضا فى سواحل جرينلاند وفى الجزر الواقعة فى شمال أمريكا الشمالية .

الحـــــرارة :

مناخ التندرا مناخ قارى فى طبيعته رغم اطلاله على المحيط المتجمد الشمالى ، ولهذا فهو يتميز بالتطرف الحرارى ، فالشتاء طويل قارس البرودة والصيف بارد نسبيا وقصير ، فحرارة أدفأ الشهور تقل عن ١٠°م وتزيد عن الصفر المئوى . ويتراوح طول الصيف بين شهرين وأربعة أشهر ، غير أن الصقيع يمكن أن يحدث حتى فى أشهر الصيف .

ويقل المدى الحرارى اليومى فى فصل الصيف نظرا لشدة طول النهار وقصر الليل . ويتكون الضباب فى الهوامش الساحلية ، ويبقى لبضعة أيام متوالية . وينصهر الغطاء الثلجى الرقيق اعتبارا من شهر مايو فى تندرا نصف الكرة الشمالى . وفى شهر يونية يتم انصهار الجليد الذى يكسو السطح ، بينما تبقى التربة متجمدة فلا تسمح بتسرب المياه خلالها ، وينشأ عن ذلك تكون البرك والمستنقعات،فيتوالد البعوض ويتكاثر الذباب الأسود ، ويكون هذا وذاك مصدر خطر على الانسان والحيوان ، وتصبح المعيشة غير محتملة فى تلك الجهات .

ويسجل الترمومتر فى محطة الرصد بوندز Ponds الواقعة فى تندرا كندا على دائرة العرض ٤٣ر٧٢° شمالا ، درجات لشهر يوليو يبلغ متوسطها ٥ر٦°م . ويسجل الترمومتر أثناء ساعات النهار الدافئة ٤ر٩°م ، ويهبط زئبق الترمومتر الى حوالى ٢°م أثناء «الليل» القصير جدا . ومن ثم فالمدى

الحرارى اليومى أثناء الصيف صغير ، لأن الشمس تبقى فوق الأفق اما طوال اليوم (أى ٢٤ ساعة) أو معظمه • ومع هذا فقد يسجل الترمومتر أحيانا حرارة تصل الى الصفر وما دونه ، كما قد يسجل حرارة عالية أثناء يوم دافىء ، كما حدث مرة فى محطة بوندز فسجل الترمومتر ٢٥°م ، وتلك حالة شاذة لا تحدث الا نادرا •

ويتباين توزيع الحرارة تباينا كبيرا أثناء الشتاء فى مختلف انحاء اقليم التندرا • فتتراوح متوسطات الحرارة فى شهرى يناير وفبراير بين (ـ٣٧°م و ـ٤٠°م) على امتداد السواحل الشمالية لسيبيريا ، وتقل عن ذلك فى الجهات التى تليها جنوبا والمجاورة لمناطق توزيع المناخ شبه القطبى • وتشتد البرودة فى اقليم التندرا بشمال شرق سيبيريا عنها فى اقليم التندرا بشمال شرق كندا ، لان الاخير معرض للمؤثرات البحرية ، بينما الاول محروم منها بسبب المرتفعات التى تكتنفه كما سبق وأشرنا من قبل • ففى سيبيريا يهبط متوسط حرارة أشهر الشتاء الى (ـ٤٠°م) ، وفى محطة رصد ساحلية بشبه جزيرة لبرادور بكندا (ـ٢٢°م) وفى بوندز بكندا (ـ٣٣°م) •

التســـــاقط :

لا تزيد كمية التساقط عن ٢٥ سم أو ٣٠ سم • وتزيد الكمية عن ذلك بعض الشىء فى شبه جزيرة لبرادور بشرق كندا • وترجع قلة التساقط الى انخفاض حرارة الصيف وارتفاع الضغط الجوى فى الشتاء ، كما وتختفى الى حد كبير حركة الهواء صعودا وهبوطا • ويعتبر فصل الصيف وفصل الخريف أكثر الفصول تساقطا فى مختلف أجزاء التندرا • ولقد يصبح الخريف والشتاء أكثر الفصول تساقطا بجوار السواحل حيث تكثر الأعاصير •

ويكون معظم التساقط الذى يتم فى الفصل الدافىء على هيئة مطر وأحيانا فى شكل ثلج مبتل Wet Snow • أما تساقط الشتاء القليل فيكون فى شكل ثلج جاف ناعم ، ولهذا فانه يكون غطاء ثلجيا مندمجا على سطح الأرض•وهذا الثلج الشديد الاندماج هو الذى يعادل منه السنتيمتران سم واحدا من ماء المطر ، وهو الذى تستخدمه قبائل الاسكيمو ، سكان تندرا امريكا الشمالية ، فى بناء مساكنهم بشكل القبة • ويصاحب سقوط الثلوج حدوث عواصف ثلجية من نوع البليزارد Blizzard التى سبق لنا شرحها ، وهى الريح القوية التى تثير دقيق الثلج فيمتلىء الجو به • ولا يوجد بالتندرا غابات كالتاييجا لتكسر حدة الريح وتحفظ الغطاء الثلجى من سفى الرياح • وقد قدر أحد البحاث أن نسبة تتراوح بين ٧٥٪ ـ ٩٠٪ من سطح الأراضى القطبية تخلو من الثلج طوال السنة ، ونظرا لصغر كمية الثلوج وسهولة تحركها على سطح الأرض،فان التزحلق عليها يكون صعبا فى العادة•

اقليم مناخ الغطاءات الجليدية Ice-Cap Climate (EF)

التـــوزيع :

يسود هذا المناخ فى المناطق التى يغطيها الجليـد الدائم ، وتتمثل فى أراضى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرينلندا ، وفوق المحيط الدائم التجمد فى مشارف القطب الشمالى • ولاتتوفر معلومات مناخية دقيقة عن هذه الصحارى الجليدية حيث لاتعلو الحرارة الصفر المئوى فى أى شهر من شهور السنة ، وما يوجد من معلومات تستقى من الرحالة والمستكشفين •

نظم الضـغط والرياح :

ماتزال محل جدال بين الباحثين • فالاعتقاد السـائد بالوجود الدائم لضغط مرتفع فوق الغطاء الجليدى الذى يكسو كلا من أنتاركتيكا وجرينلندا منه تشع رياح شرقية ، قد أصبح قابلا للتعديل بناء على مشاهدات جديرة فى تلك المناطق القطبية الجليدية • وليس هنا محل استعراض مختلف الآراء بهذا الخصوص • وعموما يمكن القول،تبعا لما ذكره المستكشفون بأن الرياح السائدة تشع من قلب الغطاء الجليدى وتهبط نحو أطرافه وهوامشه ، كما أن هناك رياحا معاكسة تهب نحو قلب الغطاء الجليدى أحيانا • ويبدو أن الرياح السائدة الهابطة نحو الهوامش من نوع رياح الجـاذبية الارضية • ولقد تقوى هذه الرياح اثناء هبوطها على المنحدرات الشديدة فتصل الى عنف العاصفة • وتبلغ سرعة الرياح بالقرب من مركز الغطاء الجليدى نحو ١٦ كم فى الساعة • وتتمكن الاعاصير أحيانا من اقتحـام الغطاء الجليدى الجرينلندى بل والانتاركتيكى وتجلب معها السحب والثلج ، كما تسبب هبـوب رياح متغيرة •

الحـــــرارة :

يبلغ المعدل الحرارى السنوى فى داخلية جرينلندا نحـو (ـ٣٢°م) ، وفى القطب الجنـوبى بين (ـ٣٠°م و ـ٣٥°م) ، وفى القطـب الشـمالى (ـ٢٢°م) ، وهو أدنى معدل حرارى سنوى على مستوى العالم كله • وتبلغ حرارة أحر الشهور فيما جاور القطب الجنوبى أثناء فصل الاشعاع الشمسى المستمر (ـ٢٢°م) فى ديسمبر و ـ٢٨°م فى شهر يناير (صـيف النصف الجنوبى) ، بل لقد سجلت حرارة متدنية بلغت ـ٥٠°م فى أنتاركتيكا أثناء هذا الفصل • ولا شك فى ان أنتاركتيكا هى أبرد بقعة على سطح الأرض فى فصل الصيف • ورغم أن حرارة القطب الشمالى وقلب جرينلندا تكون اقل من الصفر المئوى فى شهرى يوليو واغسطس ، فانها لا تتدنى الى مثل حرارة أنتاركتيكا فى فصل الاشعاع الشمسى المستمر •

وتبلغ حرارة مركز الغطاء الجليدى الجرينلندى فى أشهر الصيف الثلاثة يونية ويولية وأغسطس على التوالى -١٥°م، -١١°م، -١٧°م ويصاحب هذه الدرجات الحرارية فى وسط النهار انصهار سطحى للجليد ، يترتب عليه جريان مائى سطحى ينحت لنفسه مجارى مائية سريعة التدفق .

وحينما تغيب الشمس باستمرار اثناء فصل الشتاء ، يسود طقس بارد للغاية . ورغم عدم توفر بيانات دقيقة ، فانه يمكن القول ، تبعا لملاحظات المستكشفين ، ان الحرارة تتدنى الى ما بين (-٣٤°م و -٤٠°م) . ويحتمل أن تهبط درجات الحرارة الى مستوى درجات حرارة القسم الشمالى الشرقى من سيبيريا وذلك فى الجهات المنخفضة من الغطاءات الجليدية . ففى داخل جزيرة جرينلاند وحوالى قسمها الاوسط يبلغ المتوسط الحرارى لشهرى يناير وفبراير على التوالى (-٤١°م و -٤٧°م) ، بينما سجلت نهايات دنيا للحرارة بلغت (-٦٥°م) ، والرقم الاخير أقل من معدل النهاية الصغرى للحرارة فى بلدة فيرخويانسك بسيبيريا .

وتناسب الظروف السائدة فوق الغطاءات الجليدية انخفـاض الحرارة وشدة البرودة أثناء الشتاء ، وهى كما يلى :

١ - غياب الاشعاع الشمسى تماما أثناء النصف الشتوى من السنة ، أى أثناء ستة أشهر كاملة .

٢ - وصول الاشعاع الشمسى مائلا جدا وضعيفا الى سطح الجليد أثناء النصف الاخر من السنة (فصل الصيف) .

٣ - ينعكس نحو ٨٠٪ من الاشعاع الشمسى أثناء فصل الصيف على سطح الجليد ، ويرتد الى الفضاء ويتبدد .

٤ - يضيع قسم من الاشعاع المتبقى فى صهر الجليد ، وفى تبخير المياه المنصـــــهرة .

التســـــــاقط :

لايعرف الكثير عن التساقط من حيث الكمية والنظام فى اقليم الغطاءات الجليدية ، مثله فى ذلك مثل الحرارة وعناصر المناخ الاخرى . ولا يشك فى قلة كميته ، وفى أن معظمه ان لم يكن كله يسقط على هيئة ثلج ، ويكون الثلج الساقط فى شكل حبيبات كالرمل جافة وصلبة . ويعزى تساقط الثلوج فى معظمها الى الأعاصير التى تستطيع اقتحام ضد الاعصـار والمرور فوق الجليد ، كما يبدو أن جانبا من الثلوج يتساقط نتيجة للتكاثف الذى يحدث للهواء الهابط حينما يلامس سطح الجليد الشديد البرودة .

وقد تبين من دراسة طبقات الثلوج التى توضح معدلات التراكم السنوى فى منطقة وسط الجليد الجرينلندى لفترة ٢١ عاما ، أن معدل التساقط الثلجى السنوى يبلغ ٣٠ر٥ سم من الثلج ، أى ما يعادل ٧ر٦ سم - ١٠ر٢سم من المياه ، لكن صعب التحقق من التوزيع الفصلى للتساقط. وقد أوضحت الأبحاث أن الغطاءات الجليدية تنمو بصفة مستمرة رغم ما يقتطع منها من الجليد عن طريق الجبال الجليدية التى تأخذ طريقها فى البحر ، ومن التبخر من سطح الجليد ، مما يدل على حدوث تساقط فعال يعوض هذا الفاقد بالاقتطاع والتبخر ، اضافة الى فائض تنمو به الغطاءات الجليدية .

مناخ الجبال (H)

الارتفاع كعامل مؤثر فى المناخ :

يلى عامل الارتفاع فى الأهمية عامل توريع اليابس والماء فى التأثير على أحوال المناخ ، ويجعلها تختلف من مكان لآخر على نفس خطوط العرض ، اضافة الى توجه سفوح الجبال ومدى تعرضها للاشعاع الشمسى وهبوب الرياح .

هذا وينبغى أن نشير الى عدم وجود نوع مناخى يسمى مناخ الجبال بالمعنى الذى يحمله اقليم من الاقاليم المناخية التى سبق لنا شرحها . ذلك لان أنواعا كثيرة ومتباينة تتمثل فوق سفوح كتلة جبلية معينة ، ويتوقف ظهور كل نوع مناخى منها على مدى الارتفاع ، وخط العرض ، ودرجة التعرض للاشعاع الشمسى وللرياح الرطبة . ويؤدى اختلاف تضرس الكتلة الجبلية ذاتها الى تنوع أحوال المناخ بين مختلف أجزائها . فمناخ الهضبة المنعزلة أو الوادى المغلق يختلف عن القمة المعرضة للاشعاع الشمسى وللرياح ، كما يختلف مناخ السفوح المعرضة للاشعاع الشمسى وللرياح عن السفوح المظاهرة لهما. ويعود هذا وذاك الى التاثر بمدى الارتفاع وبدرجة العرض.

الضغط الجوى :

اذا كان الضغط الجوى كعنصر مناخى وكعامل مؤثر لم يحظ بمكانة مهمة فى التقاسيم المناخية التى سبق أن عرضناها ، فانه هنا مهم للغاية . ذلك لأن الضغط ينخفض تدريجيا على سفوح الجبال كلما ارتفعنا حتى يصل الى نصف مقداره تقريبا عند منسوب البحر ، على ارتفاع نحو ٥٤٠٠ متر . وتبعا لتناقص المواد العالقة بالجو كبخار الماء والسحب والغبار بالارتفاع ، فان الاشعاع الشمسى يزداد على سفوح الجبال بالارتفاع أيضا . وتقع جميع مراكز سكنى البشر دون هذا المنسوب المرتفع ، وان كان بعضها فى أنديز بوليفيا وفى التبت يدنو منه .

الاشـعاع الشـمسى :

يزداد الاشعاع الشـمسى كثافة فى جو الجبـال المرتفعة بسبب صـفائه (خلوه من المواد العالقة) وجفافه ، ورقته . ذلك لان وجود المواد العالقة فى المستويات السفلى يعرض الاشعاع الشمسى للامتصاص والانعكاس والتشتت. ويتميز جو الجبال بغناه بالاشعاع البنفسجى وفوق البنفسجى الذى يؤثر فى جلد الانسان ويحول لونه الى اللون الاسـمر . ولان لتلك الأشعة القصيرة آثارا طبية فى صحة الانسان ، فقد اقيم الكثير من المصحات فوق السفوح الجبلية المعرضة لاشعة الشمس .

وعلى الرغم من زيادة كثافة الاشعاع الشمسى بالارتفاع ، فان درجة الحرارة تقل بالارتفاع أيضا . ولهذا يسمى مناخ أعالى الجبال بأنه «مناخ الظل البارد والشمس السـاخنة» Cool Shade and Hot Sun وقـد نتج عن التباين الحرارى بالارتفاع تنوع فى أحوال المناخ والنبات على سفوح الجبال، مما كان له أثره فى تنوع النشاط البشرى أيضا .

التغيرات الحرارية اليومية والفصلية :

تسمى الجبـال والهضاب نوافـذ الأرض الاشـعاعية ، ذلك لان جـو المرتفعات الرقيق الجاف ، يسهل نفاذ الاشعاع الشمسى القوى أثناء النهار الى الأرض ، كما يسهل عملية انفاذ الاشعاع الأرضى الى الفضاء أثناء الليل. ونتيجة لهذا يحدث التسخين الشديد نهارا ، والتبريد السريع ليلا . ولهذا فان كبر المدى الحرارى اليومى سمة من سمات مناخ الجبال .

أما التغيرات الحرارية الفصلية فتتصف بالانتظام والتناسق ، كما أن المدى الحرارى الفصلى والسنوى ليس كبيرا .

التســـاقط :

يزداد التساقط بالارتفاع ، ويستمر هذا الازديـاد على سفوح الجبال الى علو معلوم ، يصل عنده التساقط الى أقصاه ، ويعرف هذا المستوى الذى يتباين من نطاق جبلى لآخر حسب درجة العرض ، **بنطاق التساقط الأقصى** **Zone of Maximum Precipitation** ، فوقه يبدأ التساقط فى التناقص . ونظرا لكثرة التساقط فى المناطق الجبلية عما يجاورها من أراضى منخفضة ، فانها تبدو على خرائط التساقط ، وكانها جزر من التساقط الغزير . وتتضح هذه الظاهرة بالنظر الى الخرائط التى توضح كميات التسـاقط فى جبال الألب الأوربية ، وجبال الهيمالايا ، وجبـال الساحل الباسيفيكى بغرب أمريكا الشمالية .

الجزء الثاني

الجغرافيـا الحيـوية

الفصل الثالث عشر : النباتات الطبيعية وتوزيعها على سطح الأرض .

الفصل الرابع عشر : الحيوانات وتوزيعها على سطح الأرض .

الغـلاف الحيـوى

مقـــــدمة :

سبق أن عرفنا أن الأرض تتكون من خمسة أغلفة تحيط بها . والغلاف الحيوى أحد هذه الأغلفة . وهو يمثل مدى التفاعل بين الغلاف الصخرى من ناحية والغلاف الجوى من ناحية أخرى ، فهو يهتم بالظاهرات الحية لسطح الأرض مثل النبات والحيوان والانسان . وستقتصر دراستنا هنا على النبات والحيوان وذلك من حيث توزيع كل منهما وعلاقة ذلك بالتضاريس والمناخ .

الفصل الثالث عشر

النبات الطبيعى وتوزيعه على سطح الأرض

- العوامل التى تؤثر فى توزيع النبات ٠
- الأقاليم النباتية :

أولا ــ الغــــابات :

١ ــ الغابات الاستوائية ٠
٢ ــ الغابات المدارية ٠
٣ ــ الغابات فى الأقاليم المعتدلة الدفيئة :
أ ــ غابات البحر المتوسط ٠
ب ــ غابات الصين ٠
٤ ــ الغابات فى الأقاليم المعتدلة الباردة :
أ ــ الغابات النفضية ٠
ب ــ الغابات الصنوبرية ٠

ثانيــا ــ الحشــــائش :

١ ــ الحشائش فى الأقاليم المدارية ٠
٢ ــ الحشائش فى الأقاليم المعتدلة الدفيئة ٠

ثالثــا : الصحــــــارى

رابعا : التندرا (الصحراء الجليدية) ٠

خامسا : نباتات الجبال ٠

النبات الطبيعى وتوزيعه على سطح الأرض

يقصد بالنبات الطبيعى ما ينمو منه على سطح الأرض من تلقاء نفسه كالغابات والحشائش والاعشاب • ويلاحظ أن الأقاليم النباتية يتداخل بعضها فى بعض ، ولا يوجد حد فاصل بين اقليم وآخر •

العوامل التى تؤثر فى توزيع النبات :

يتوقف توزيع النباتات الطبيعية على سطح الأرض على عدة عوامل تؤثر فى حياتنا اهمها المناخ ، التربة ، التضاريس •

العامل المناخى يشمل ما ياتى :

١ ـ الحـــرارة :

لكل نبات درجة حرارة ينمو فيها ، وعلى ذلك فان النباتات تتوزع فى الاقاليم المختلفة تبعا لدرجة الحرارة فى هذه الاقاليم •

٢ ـ الضـــوء :

وهو ضرورى جدا لنمو النباتات ، ويظهر أثر الضوء فى العروض العليا عندما يطول النهار فى الصيف ويبقى ضوء الشمس ظاهرا مـدة طويلة • وقلة الضوء تقلل من نمو الجذوع والأوراق،وتحول دون نمو الزهور الكبيرة.

٣ ـ المـــاء :

وهو ضرورى أيضا لنمو النبات وتغذيته سـواء كان ينزل على شكل أمطار أو يوجد فى الهواء على شكل بخار • فاذا كثرت الأمطار طول السنة فان التربة تختزن الماء ، ومنه يتغذى النبات فتنمو الغابات ، أما اذا قل الماء فى التربة فـلا تنمو غير الأعشـاب ، وتسود الصحارى فى الجهـات النـادرة المطر •

التربـــة :

من العوامل المهمة فى حياة النبات حيث يتغذى من العناصر التى تتكون منها ، وهى بذلك تؤثر فى توزيـع النبات تاثيرا كبيرا بحسـب خصائصها والمعادن المكونة لها • وتساعد سهولة اختراق الماء والهواء للتربة دون شك على نمو النبـات •

التضـــاريس :

ويظهر أثرها فى النبت فى الجهات الجبلية حيث تتغير النباتات على

جوانب الجبال بسبب تغير المناخ • كما أن النباتات تختلف على جوانب الوديان باختلاف درجة تعرضها لأشعة الشمس ، فالجونب التى تتعرض لأشعة الشمس وللمطر تكون مغطاة بالحشائش والغابات أكثر من الجوانب التى لا تتعرض لتلك الاشعة والأمطار •

وقد قسم الجغرافيون الغطاء النبـاتى على سطح الأرض الى اقسـام مختلفة تعرف **بالمجموعات النباتية أو الأقاليم النباتية** • وتمتاز كل مجموعة منها بميزات خاصة بها وهى :

١ ـ الغـــابات :

توجد فى الأقاليم الاستـوائية والمدارية ، والأقاليم المعتـدلة الدفيئة والمعتـدلة البـاردة •

٢ ـ الحشـــائش :

وتوجد فى الأقاليم المدارية (السافانا) والأقاليم المعتدلة (الاستبس) •

٣ ـ الصحـــارى :

وتتمثل فى الجهات المدارية والمعتدلة •

٤ ـ التنـــدرا :

وتوجد فى العروض العليا حيث تتميز بصفات خاصة •

٥ ـ نباتات الجبـال :

حيث المناطق الشاهقة الارتفاع والتى تتغطى بانواع شتى من النبات •

اولا ـ الغـــابات

لو نظرت الى الخـريطة شكل (٨٢) لرايت أن الغـابات تنتشر على مساحات كبيرة من العالم وفى اقاليم مناخية مختلفة ، وتسمى الغابات تبعا للاقليم الذى توجد فيه ومن ثم يمكن تمييز الأنواع الاتية :

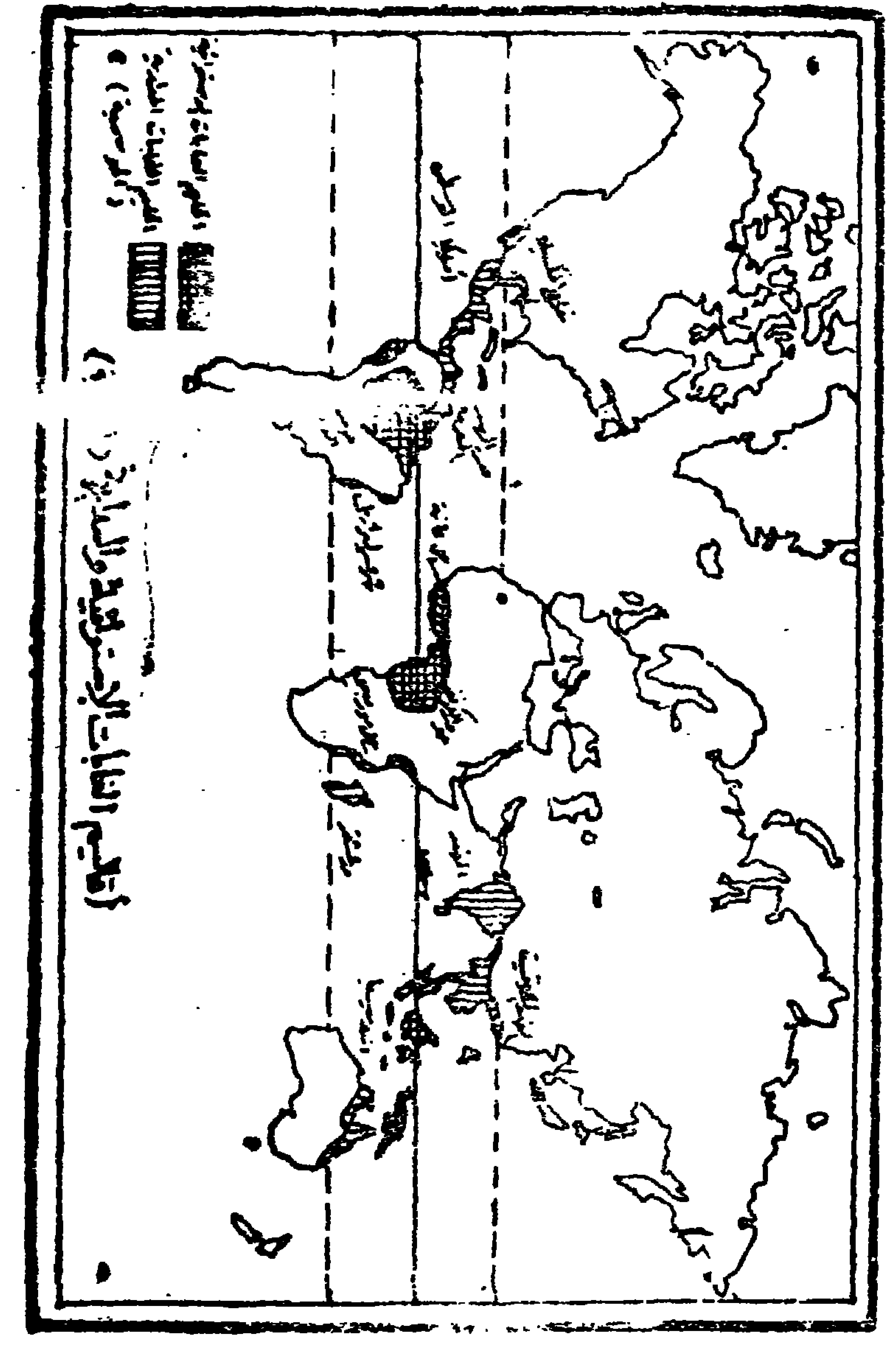
١ ـ الغابات الاستوائية :

التوزيع الجغرافى :

توجد حول خط الاستـواء وتتمثل أحسن تمثيل فى حـوض الأمزون بامريكا الجنوبية ، وفى حوض زئير بافريقية ، وجهات أخرى متفرقة من العالم من بينها جزر اندونيسيا (انظر الخريطة شكل رقم ٨٢) •

المميزات المنـاخية :

يمتاز اقليم الغابات الاستوائية بدرجة حرارته المرتفعة وأمطاره الغزيرة طول العام• ولذلك لا تتوقف حركة نمو النبات به •



شكل رقم (٨٢) توزيع الغابات الاستوائية والمدارية

المميزات النبـاتية :

يتميز اقليم الغابات الاستوائية بشدة كثافة الأشجار · والذى يصعد فى طائرة وينظر اليه من الجو لا يرى الا كتلة كثيفة من الخضرة تخفى ما فى باطنها من معالم ، فاذا هبط الى الأرض واراد التوغل فى الغابة ، راى أن أشجارها متراصة كبيرة الحجم عظيمة الارتفاع ، تتوج رءوسها الأغصان والأوراق العريضة ، فتكون بمثابة غطاء يمنع ضوء الشمس عن أرض الغابة ، كما أن بداخل الغابة هدوء وظـلام وروائح كريهة تنبعث من الأوحـال والأوراق الساقطة على الأرض ·

الأهميـــة الاقتصــــادية :

يوجد بالغابات الاستوائية كثير من من الأشجار النافعة اما لأخشابها أو لثمارها ، أو لما يستخرج منها من مواد أولية ، والأخشاب هنـا من النوع الصلب · ومن أشهرها الماهوجنى ، ومن الأشجار المهمة أيضا المطاط والموز والكاكاو واللبان ·

أثر الانســـان :

نظرا لشدة الظلام فى الغابة ، وارتفاع درجة الحرارة والرطوبة ، وتعذر المواصلات ، وكثرة الحيونات القاتلة والحشرات ، فان الحيـاة فى داخل الغابة شاقة للغاية ، ولذا فان أثر الانسان فيها ضئيل ، ويعيش فى الغابة قوم متنقلون قليلوا العدد يعيشون على صيد الحيوان والسمك وجمع الثمار · ومع ذلك فتلك الجهات كانت تقوم باستغلالها الدول الصناعية الأوربية التى انشأت فى الجهات الساحلية منها مزارع واسعة يقوم بالعمل فيهـا العمال الوطنيون تحت اشرافهم ، فزرعوا أشجار المطاط والمانجو والكاكاو والموز ، كما زرعوا قصب السكر والأرز والطباق والتوابل وغيرها ·

٢ ـ الغابات المدارية :

التوزيع الجغرافى :

وتوجد فى الهند الصينية ، وشمال استراليا ، وسواحل جزيرة مدغشقر والساحل الشرقى لأفريقيا · وأيضا فى أمريكا الوسطى وجزر الهند الغربية ، وفى أمريكا الجنوبية حول الغابات الاستوائية ·

المميزات المنـاخية :

يطلق على هذه الغابات أحيانا اسم الغابات الموسمية نظرا لأنها تنمو فى الجهات التى يمتاز أحد الفصول فيها بالجفاف وخاصة فى فصل الشتاء بينما يسقط المطر فى الفصول الأخرى من السنة ·

المميزات النبـاتية :

وتختلف هذه الغابات عن الغابات الاستوائية فى أنها اقل منها كثافة ، واشجارها أصغر حجما ، وتنفض أوراقها فى فصل الشتاء ، وأشهر أنواع اشجارها النخيل والكافور والخيزران والسنط •

الأهمية الاقتصادية :

تصلح اماكن هـذه الغابات لحياة الانسـان أكثر من أقاليم الغـابات الاستوائية ، اذ انها اسهل منها فى تحويلها الى حقول زراعية ، كمـا أن مناخها يلائم زراعة الحاصلات الزراعية •

اثر الانســـان :

يعتبر اقليم الغابات المدارية (الموسمية) أكثر أقاليم العـالم ازدحاما بالسكان ، ولذا فقد تحولت معظم أراضيه الى أرض زراعية ، فيها يزرع الارز وهو اهم الحبوب التى تنمو هناك ، كما يزرع القمح والشعير زراعة شتوية ، وأيضا يزرع الذرة والقطن وقصب السكر والتوابل والبن والمطاط•

٣ ـ الغابات فى الأقاليم المعتدلة الدفيئة :

يوجد نوعان من هذه الغابات أحدهما يوجد فى غرب القارات ويسمى غابات البحر المتوسط ، والآخر فى شرق القارات ويسمى غابات الصين •

أ ـ غابات اقليم البحر المتوسط :

التوزيع الجغرافى :

توجد هذه الغابات فى الأراضى الواقعة حول البحر المتوسط ، وفى أماكن أخرى من العالم من أهمها كاليفورنيا ، وسط شيلى ، وجنوب أفريقيا ، وأقصى جنوب غرب استراليا (انظر الخريطة شكل رقم ٨٣) •

المميزات المنــاخية :

يتميز مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل ، وصيفه الحـار الجاف ، وتهب عليه الرياح العكسية باعاصيرها فتسقط الأمطار شتاء •

المميزات النبـــاتية :

تتميز الغابات بصفات خاصة تساعدها على الاخضرار الدائم حتى فى فصل الصيف الجاف • وهى تتحايل على الجفاف بطرق شتى : اما بطول الجذور كالكروم ، أو بالأوراق السميكة كالتين ، أو بحفظ العصارة فى الثمار كالموالح ، أو خزن الماء فى الجذور كالنرجس • وفضلا عن ذلك تنمو أشجار

الزيتون التى تتميز بأوراقها الصغيرة والفواكه الجافة كالجوز ، واللوز والبندق والفستق ، وبعض الأشجار ذات الأخشاب الصلبة كالبلوط الفلينى والسرو والحور ، ونباتات عطرية كالفل والياسمين ٠

الأهمية الاقتصادية وأثر الانسان :

اقليم البحر المتوسط هو مهد الديانات والحضارات القديمة ، وقد عمره الانسان واستثمره منذ القدم ، فأزال معظم أشجاره الطبيعية ، وأحل محلها مختلف أنواع المزروعات : فزرع أشجار الفاكهة كالتين والخوخ والبرقوق ، والموالح كالبرتقال والليمون ٠ كما انتشرت زراعة الكروم والزيتون والحبوب مثل القمح والشعير التى تنمو على أمطار الشتاء ، وكذلك زرع الأرز والذرة والقطن حيث تتوفر وسائل الرى ، وأشجار التوت لتربية دودة القز ، أما النبات الطبيعى فيقتصر وجوده الآن فى الجهات المنعزلة الفقيرة التربة ٠ وهى أنواع هزيلة من الشجيرات والأعشاب ٠

ب ـ غابات الصين :

التوزيع الجغرافى :

تتمثل هذه الغابات فى جنوب الصين وجنوب شرق الولايات المتحدة بأمريكا الشمالية وأجزاء أخرى من العالم أهمها جنوب شرق البرازيل ، وجنوب شرق افريقيا،والصين،وكوريا ، وجنوب شرق استراليا (شكل ٨٣) ٠

المميزات المناخية :

يسقط المطر على الجهات السابقة طول العام ، ولكنه غزير فى فصل الصيف ٠

المميزات النباتية :

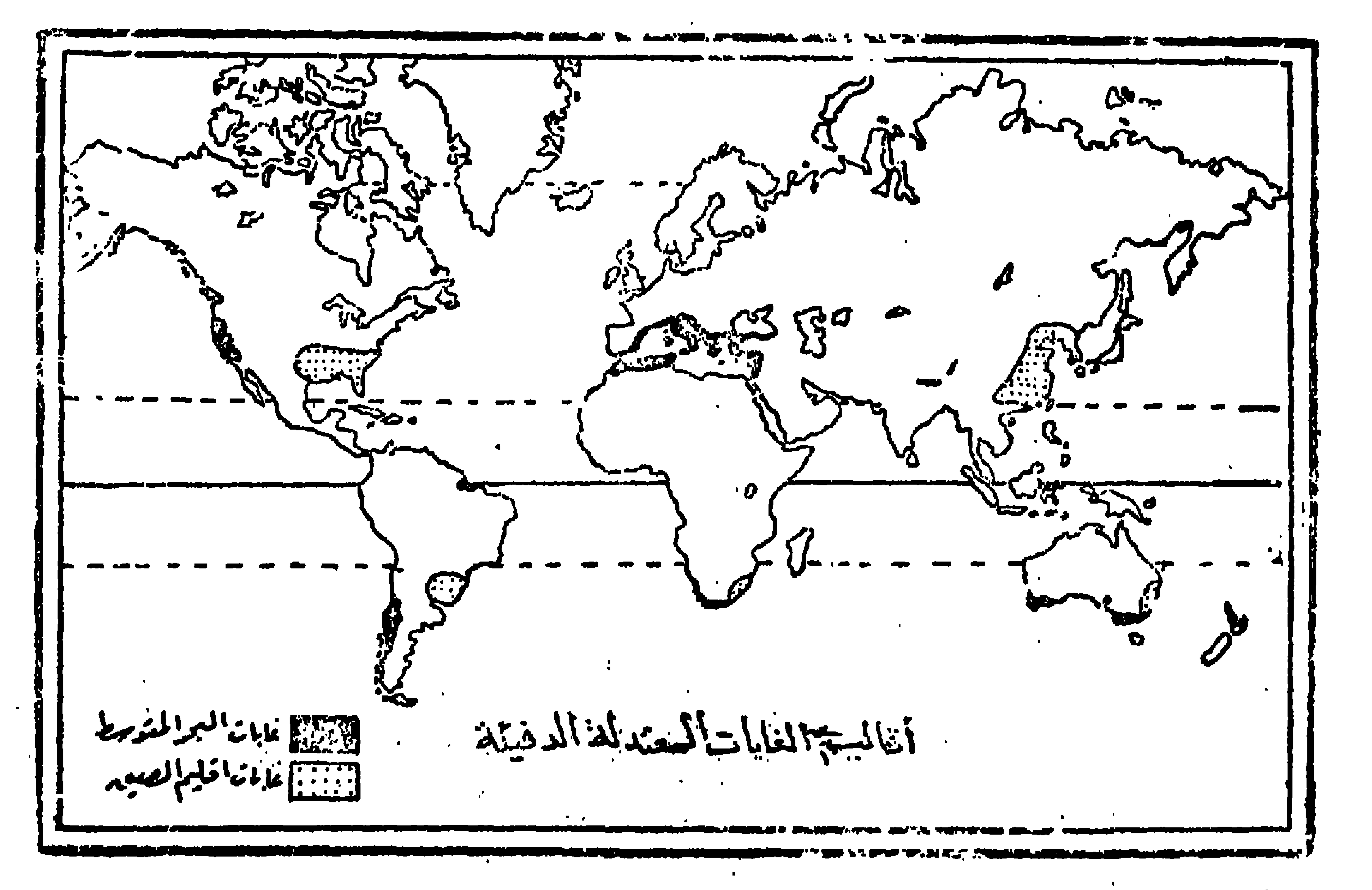
نباتات هذه الغابات تشبه النبات الموسمى الا أنها أقل كثافة من الغابات الموسمية ٠ وتشتمل على بعض أنواع الأشجار التى تنمو فى غابات اقليم البحر المتوسط كأشجار البلوط الفلينى والتوت ، وفضلا عن ذلك تنمو به أنواع لا وجود لها فى الاقليم السابق كنبات الخيزران والماجنوليا ٠

الأهمية الاقتصادية :

لأشجار هذه الغابات أهمية اقتصادية عظيمة كما تستغل معظم اراضيها فى الزراعة نظر لتباعد الأشجار وزيادة المسافة بينها ٠

اثر الانسان :

أخذ الانسان الصينى فى قطع الكثير من أشجار غاباته ، حيث يجد



شكل رقم (٨٣) توزيع الغابات فى الاقاليم المعتدلة الدفيئة

مكانها أراضى خصبة تصلح لزراعة بعض الغلات الهامة كالأرز والشاى والقطن ، كما غرس أشجار التوت بكثرة لتربية دودة القز ·

٤ ـ الغابات فى الأقاليم المعتدلة الباردة (شكل ٨٤) :

أ ـ الغابات النفضية :

التوزيع الجغرافى :

توجد الغابات النفضية فى شمال غرب أوربا وغرب كندا فى أمريكا الشمالية ، وجنوب شيلى بامريكا الجنوبية ، وفى شرق آسيا فى منشوريا واليابان ·

المميزات المناخية :

نظرا لأن مناخ هذه الجهات صحى يدفع الانسان الى النشاط بالاضافة الى صلاحية أراضيها للرعى والزراعة ، كما أن بها مناطق غنية بالمعادن ، كل هذا أدى الى تقدم المدنية الحديثة فى جهات توزيع هذه الغابات ·

المميزات النباتية :

تتميز هذه الغابات بأنها تسقط أوراقها فى فصل الشتاء بسبب انخفاض درجة الحرارة فيه ، وتمتاز أشجار هذه الغابات بأوراقها العريضة ، ومن أهمها البلوط والزان والقسطل والجوز ·

الأهمية الاقتصادية :

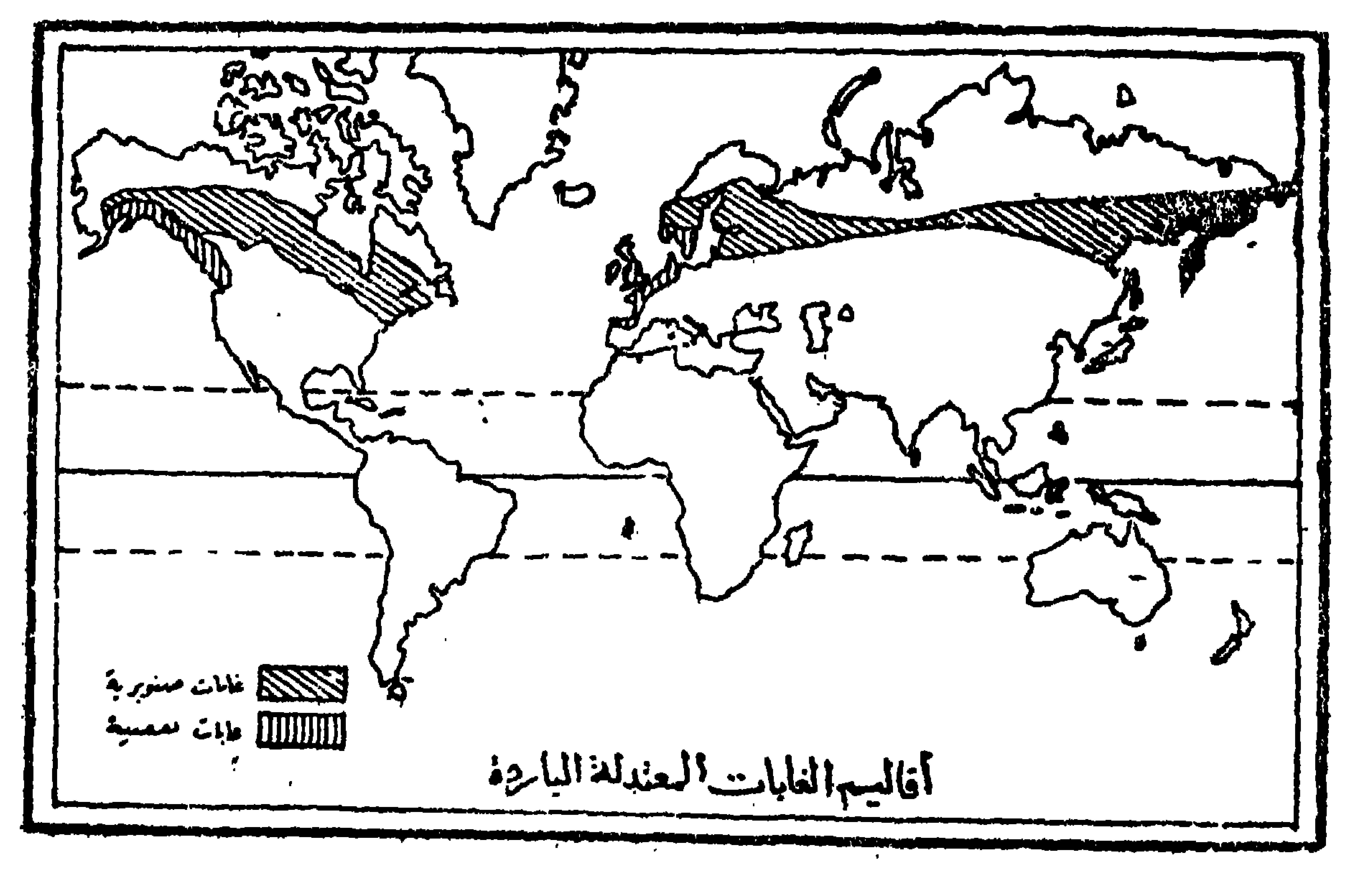
لأشجار هذه الغابات أهمية اقتصادية حيث يأخذ منها جميعا الأخشاب النافعة · ونظرا لأن مناخها صحى يدفع الانسان الى النشاط ، بالاضافة الى صلاحية أراضها للرعى والزراعة ، كما أن بها مناطق غنية بالمعادن ، كل هذا أدى الى نمو وتقدم المدنية الحديثة فى جهات توزيع هذه الغابات ·

أثر الانسان :

تمكن الانسان بفضل وجود مناطق مكشوفة فى الغابة نفسها من السكن داخلها ، ومن قطع أشجارها بالتدريج واعداد أرضها للزراعة ، وخاصة زراعة الحبوب الغذائية ، وفى أمريكا الشمالية يجرى العمل على قطعها لتحل محلها المراعى والأراضى الزراعية وللتنقيب عن المعادن ·

ب ـ الغابات المخروطية (الصنوبرية) :

تغطى هذه الغابات مساحات واسعة من آسيا وأوربا وأمريكا الشمالية فيما بين خطى عرض ٥٨° ، ٥ر٦٦° شمالا ·



شكل رقم (٨٤) توزيع الغابات المعتدلة الباردة

المميزات المناخية :

مناخ هذه الغابات دفء فى الصيف وشديد البرودة فى الشتاء ·

المميزات النباتية :

تمتاز أشجار هذه الغابات بأوراقها الابرية أو المخروطية وسيقانها المعتدلة · وهى كالغابات النفضية قليلة الأنواع وأهمها الصنوبر والشربين·

الأهمية الاقتصادية :

هذه الغابات موطن الحيوانات ذات الفراء كالدب والثعلب ، ولذلك فان صيد هذه الحيوانات له قيمة اقتصادية كبيرة ، كما أن لأخشاب أشجارها أيضا قيمة كبيرة ، اذ أنها تعتبر اكبر مورد للأخشاب فى العالم ·

أثر الانسان :

يقوم الانسان بقطع الأخشاب من الأشجار ، ويتم ذلك عادة فى فصل الشتاء ، حيث يمكن جرها على الجليد (الذى ينتشر فى هذه الجهات) الى مجارى الأنهار ، وتترك فيها حتى اذا حل الربيع وذاب الجليد ، فان تيار النهر يجرف الكتل الخشبية الى حيث معامل النشر ، فنشأ عن ذلك صناعة الخشب والأثاث والورق وأعواد الثقاب (الكبريت) · ولقد زرع أيضا بالأماكن التى قطعت الأشجار منها بعض الحاصلات الزراعية التى تتحمل البرد،كالبنجر والكتان والشوفان والشيلم،وتنمو بسرعة عظيمة فى الخريف·

ثانيا : الحشائش

١ ـ الحشائش فى الأقاليم المدارية :

التوزيع الجغرافى :

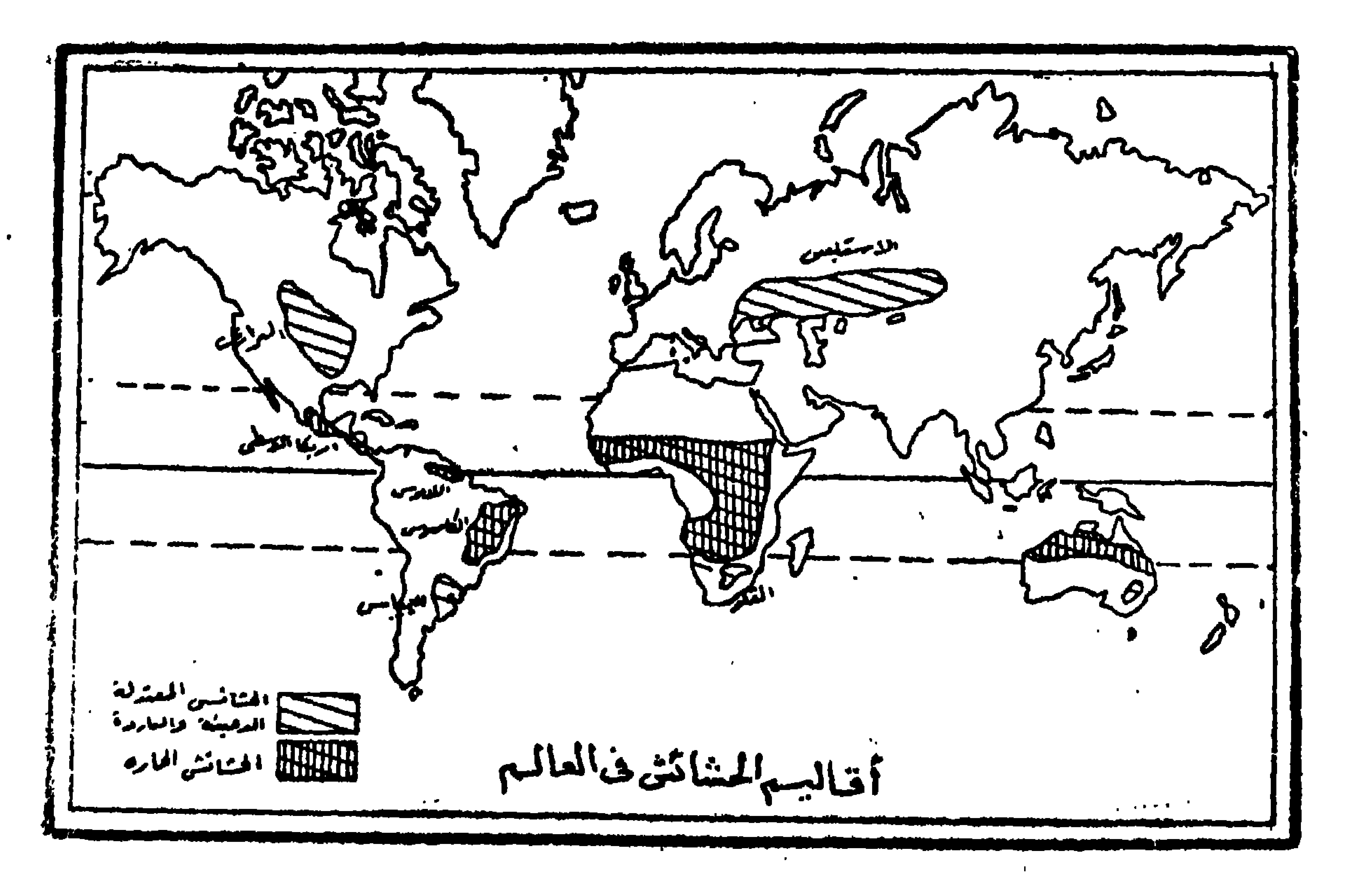
توجد هذه الحشائش بين مناطق غابات الجهات الاستوائية والمدارية من ناحية ، والصحارى المدارية الحارة من ناحية أخرى · وأكبر مساحة لها توجد فى وسط أفريقيا والسودان حيث تسمى سافانا ، وفى أمريكا الجنوبية حيث تسمى لانوس فى مرتفعات جيانا ، وكامبوس فى مرتفعات البرازيل ، كما أنها توجد فى القسم الشمالى من استراليا (انظر الخريطة رقم ٨٥) ·

المميزات المناخية :

درجة الحرارة بها مرتفعة فى فصل الصيف الذى يسقط به المطر ، ومنخفضة نوعا فى فصل الشتاء الذى يمتاز أيضا بالجفاف ·

المميزات النباتية :

نظرا لأن كمية الأمطار لا تكفى الأشجار ، فان النبات الذى يغلب



شكل رقم (٨٥) توزيع الحشائش فى العالم

وجوده هو الأعشاب الطويلة ، وهناك نوع خاص من الأشجار ينمو وسط الحشائش يعرف بأشجار الباوباب .

الأهمية الاقتصــادية :

تعتبر السافانا مناطق رعى ممتازة ، ولذلك فان أغلب السكان هنا رعاة للماشية ، وهم يقومون بتصدير منتجاتها من ألبان وجلود ولحوم .

اثر الانســـان :

زرع الانسان فى مناطق الحشــائش الحارة كثيرا من الغــلات الزراعية الهامة نظرا لجودة تربة هذه المناطق ، وأدخل فيها كثيرا من وسائل الرى، فتقدمت الزراعة فى بعض جهاتها . ومن أهم الغلات الزراعية هنا القطن والذرة والحبوب الزيتية والفول السودانى .

٣ ـ الحشائش فى الأقاليم المعتدلة الدفيئة :

التوزيـــع الجغــرافى :

توجد هذه الحشائش بصفة خاصة حول نهر لابلاتا بأمريكا الجنوبية وتسمى بمباس ، وفى وسط الهضبة الجنوبية بافريقيا وتسمى فلـد ، وفى حوض نهرى مرى ودارلنج باستراليا (أنظر الخريطة شكل ٨٥) .

المميزات المناخية :

اذا سقطت الأمطار فى الجهات المعتدلة الدفيئة ، وتميز شتاؤها بجفافه النسبى ، فان الحشائش تكســو أرضها صيفا . واذا تميز الشــتاء بالمطر والصيف بالجفاف النسبى ، فان الحشائش تغطى أرضها شتاء .

المميزات النبـــاتية :

تتميز هذه الحشائش بخشونتها ، وباطرافها الحادة ، كى تتلاءم مع ظروف المناخ السابق ذكرها .

الأهمية الاقتصــادية :

تعتبر مناطق الحشائش المعتدلة فى الوقت الحاضر أعظم مناطق انتاج اللحوم فى العالم ، كما أنها أعظم منــاطق انتاج القمح وبعض الحبــوب الغذائية الأخرى .

اثر الانســـان :

حول الانسان بعض أراضى هذه الحشائش الى أراضى زراعية تزرع فيها الحبوب كالقمح والشعير والذرة .

٣ ـ الحشائش فى الاقاليم المعتدلة الباردة :

التوزيع الجغــــرافى :

توجد الحشائش فى هــذه الاقاليم وخاصة فى وسط آسيا وجنــوب شرق أوربا ، ويطلق عليها اسم الاستبس ، وتوجد أيضا فى وسط أمريكا الشمالية حيث تسمى البرارى،ولا توجد هذه الحشائش فى القارات الجنوبية٠٠لماذا؟

المميزات المنــــاخية :

نظرا لبعد مناطق هذه الحشائش عن السواحل فان مناخها يكون حارا فى فصل الصيف وشديد البرودة فى الشتاء ٠

المميزات النبـــاتية :

الأمطار تسقط فى العادة خلال مدة قصيرة فى فصل الربيع ، كما تذوب فيه الثلوج فتكون سببا فى كساء الأرض بالعشب الاخضر والأزهار الجميلة ٠

الأهمية الاقتصـــادية :

تستغل مناطق هذه الحشائش فى الرعى ، وخاصة رعى الخيول والأغنام والماشية ، كما أن بعض مناطقها وخاصة فى أمريكا الشمالية قد تحولت الى أراضى زراعية خصبة ، تجود بها زراعة الحبوب كالقمح والشعير ، وبذلك فانها تعتبر مخازن للحبوب فى العالم ٠ كما قامت بعض المـدن الصناعية التى تشتهر بصناعة حفظ اللحوم والألبان ودبغ الجلود وصـناعة الصوف وطحن الغــلال ٠

اثر الانســـــان :

رغب الانسان فى سكنى تلك المناطق الواسعة لوفرة ما بها من عشب ، ولخصوبة تربتها ، وقد حول جزءا كبيرا منها الى أراضى زراعية ٠

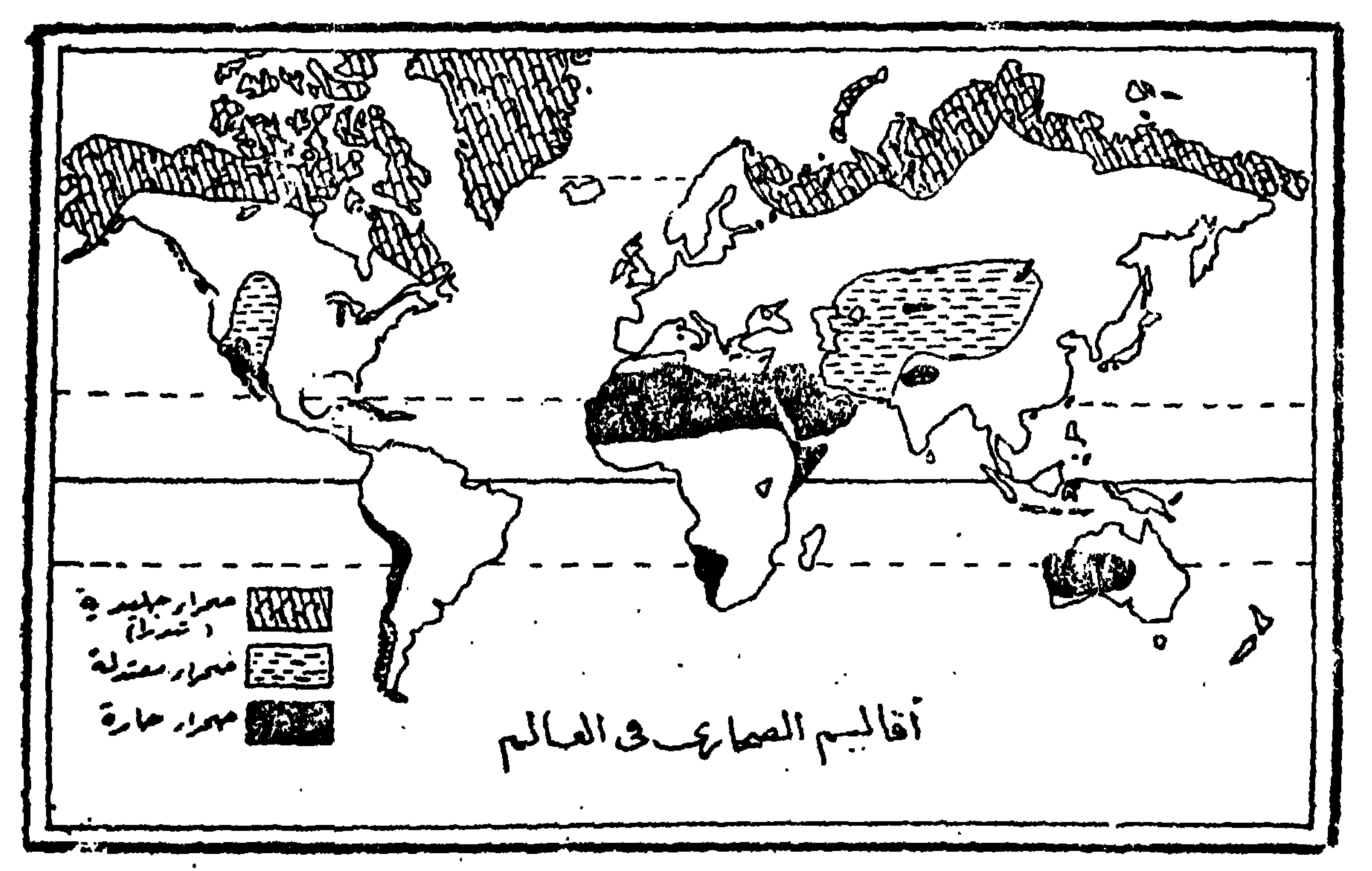
ثالثـا : الصحــــــارى

التــوزيع الجغـرافى :

تشمل الصحارى مساحات واسعة من القارات وأهمها : **الصحارى الحارة المـدارية** مثل الصحراء الكبرى فى شمال أفريقيا ، وصحراء شبه الجزيرة العربية فى جنوب غرب آسيا ، وصحارى غرب استراليا ، وصحراء أريزونا والمكسيك فى أمريكا الشمالية ، وصحراء أتكاما فى أمريكا الجنــوبية ٠ ثم **الصحارى المعتدلة الباردة** فى وسط آسيا شكل (٨٦) ٠

المميزات المناخية والنباتية :

هذه الصحراوات تنعدم فيها الحياة النباتية تقريبا بسبب قلة الأمطار



شكل رقم (٨٦) توزيع الصحارى فى العالم

وطول فصل الجفاف ، واذا وجدت النباتات فانها من الأنواع التى تقاوم الجفاف الشديد ، وتحتفظ بالماء فى جوفها لكى تتمكن من الحياة بوسائل مختلفة : فبعضها جذوره طويلة كالنخيل الذى يمتص الماء من تحت التربة ، وبعضها يختزن الماء فى أوراق ليفية سميكة ، وكثير منها يغطى أوراقه بالشوك أو بطبقة شمعية تسد مسامها لتعوق تبخر الماء منها مثل نبات الصبر والصبير .

الأهمية الاقتصادية :

وتوجد فى مناطق الصحارى أرض صالحة للزراعة اذا توفرت لها مياه الرى التى تتمثل فى مياه الأنهار أو فى المياه الباطنية ، حيث تحفر لها الآبار كما هو الحال فى الواحات ، وهذه الأراضى تصلح لزراعة أشجار نخيل البلح والزيتون والفاكهة وزراعة الحبوب .

أثر الانسان :

يظهر أثر الانسان فى هذه الجهات على النحو الآتى :

أ - الاستغلال الرعوى :

هناك قبائل رحل يعيشون على رعى الجمال أو الخيول والأغنام والماعز ، كما أن هناك فريقا آخر يقوم بالوساطة التجارية ونقل السلع بين الأقاليم التى تجاور الصحراء .

ب - الاستغلال الزراعى :

بعض القبائل فى هذه الجهات يقيمون فى الواحات ويشتغلون بالزراعة وخاصة زراعة الزيتون والنخيل وتربية الأغنام ، أو يقيمون على ضفاف الأنهار التى تشق الصحراء كما هو الحال فى مصر ، وهنا حول الانسان الأراضى الصحراوية الى أراضى زراعية بتنظيم وسائل الرى .

جـ - الاستغلال المعدنى :

استغلت المناطق الصحراوية فى التنقيب عن المعادن . فمثلا استخرجت النترات من صحراء شيلى ، والذهب من صحراء استراليا ، والبترول من صحراء شمال افريقيا وصحراء بلاد العرب .

رابعا : الصحراء الجليدية أو التندرا

التوزيع الجغرافى :

كلمة تندرا كلمة روسية تطلق على الصحراء الجليدية ، التى تغطى

أراضيها الثلوج أكثر من ثلثى السنة • وتنتشر على كل الجهات التى تقع فى شمال الغابات المخروطية أو الصنوبرية (شكل رقم ٨٧) حيث يمتد على سواحل المحيط المتجمد الشمالى فى شمال كندا وشمال اسكندينافيا وشمال سيبيريا بآسيا • ولا توجد فى نصف الكرة الجنوبى •

شكل رقم (٨٧) اختلاف النباتات بالنسبة لخط العرض والارتفاع

المميزات المناخية :

المناخ هنا بارد فى الصيف ، والشتاء طويل قارس البرد ، ويسقط عليها قليل من الثلج •

المميزات النباتية :

تؤثر شدة البرد فى النبات ، كما يؤثر فيه الجفاف أيضا ، ولا تنمو الا بعض الأشجار القزمية والنباتات العشبية التى من أهم أنواعها : الطحالب وحشائش الماء المختلفة الألوان والأزهار •

الأهمية الاقتصادية :

التندرا غنية بالحياة الحيوانية على الرغم من تغطية أراضيها بالثلوج فتعيش فيها الحيوانات ذات الفراء مثل الدببة والثعالب التى تأوى الى الغابات الصنوبرية جنوب الاقليم ، كما تستغل أيضا فى رعى حيوان الرنة فى شمال آسيا وأوروبا ، وثور المسك والكاريبو فى شمال كندا •

أثر الانســـــان :

الانسان هنا لا يجد غير القليل من حاجاته نظراً لفقر الاقليم ، ولذلك فهو يقوم برعى الرنة ، وصيد الحيوانات البحرية كالسمك ، وسبع البحر وعجل البحر والحوت ، وصيد الدب القطبى والثعلب القطبى لفرائهما فى فصل الصيف ، كما أن الانسان هنا يناضل فى سبيل الحياة ، حيث لايستطيع أن يزرع الأرض لتجمد التربة من شدة البرد .

خامسـا : نباتات الجبـــال

تتنوع النباتات التى تنمو على السفوح الجبلية تنــوعاً كبيراً ، بسبب انخفاض درجة الحرارة بالتدريج كلما ارتفعنا . أما المطر فهو غزير على السفوح السفلى ثم يأخذ فى النقصان تدريجيا ، لنقص مقدار بخار الماء فى الطبقات العليا ، حتى نصل الى القمم التى تكسوها الثلوج معظم أيام السنة (شكل ٨٧) .وعلى ذلك تتتابع تلك المناطق النباتية فى كل الجهات الجبلية ، ويتوقف ذلك على الاقليم الذى توجد به الجبال ، وعلى موقــع الجبال ، والرياح التى تجلب المطر .

فاذا تتبعنا النباتات التى تنمو على الجبال عند خط الاستواء مثل جبل كليمنجارو مثلا ، فان النباتات تتدرج على النحو التالى شكل (٨٨):



شكل رقم (٨٨) قطاع يبين نباتات جبل كليمنجارو فى وسط أفريقيا

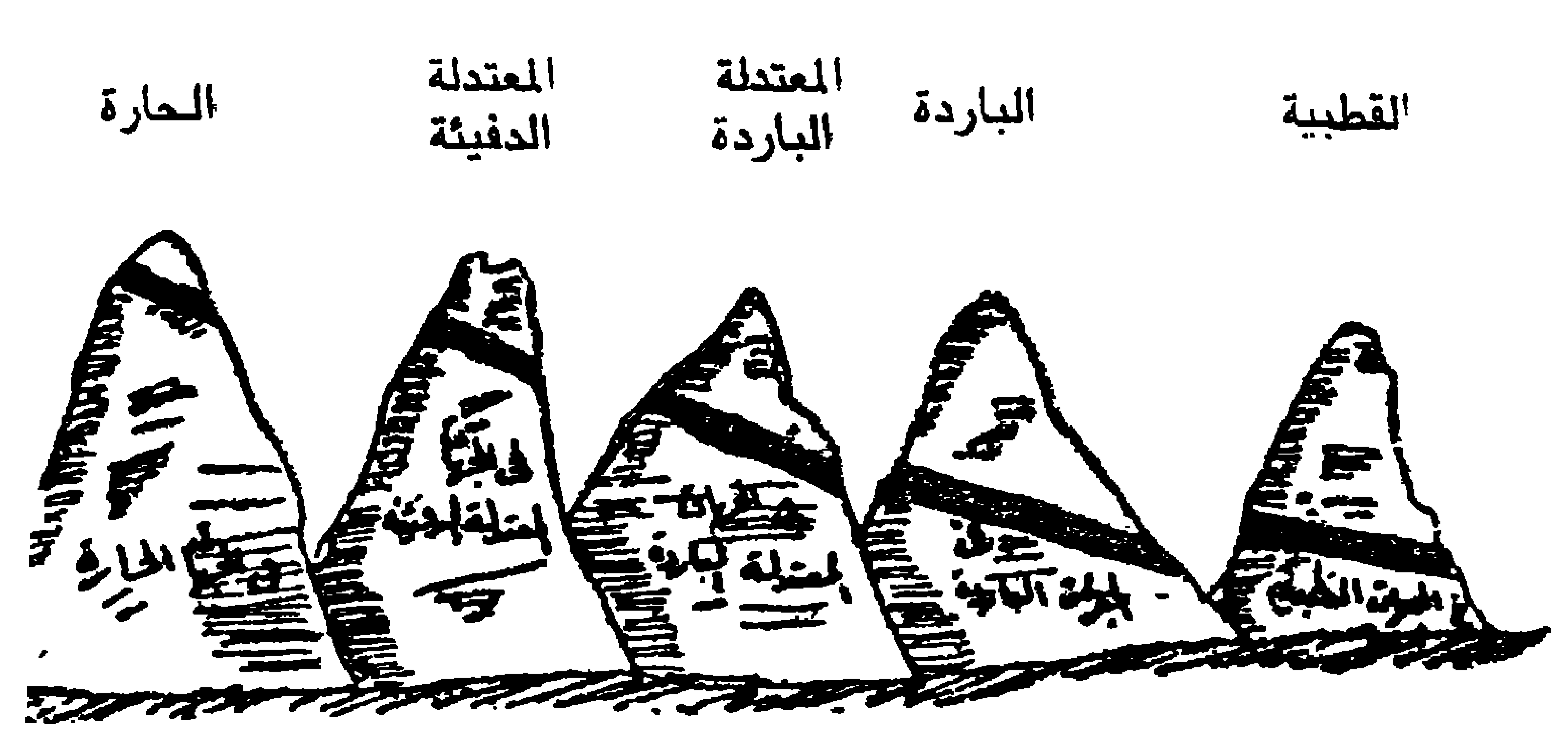
فى السفوح السفلى نجد الغابات الاستوائية، تتدرج الى السافانا الغنية بالأشجار ، فالغابات المعتدلة ، ثم الغابات النفضية ، فالغابات المخروطية ، ثم نصل الى منطقة تكثر فيها الحشائش تشبه التندرا ، وتعرف نباتاتها بالنباتات الألبية ، وأخيرا نصل الى منطقة الثلج الدائم التى لا تظهر الا على القمم المرتفعة جدا .

اما فى الاقاليم المعتدلة فنجد أن التدرج يكون :

أولا : بنبات تلك الأقاليم من غابات وحشائش تتبعها التندرا ،ثم منطقة

الثلج الدائم الذى يكون بطبيعة الحال اقل ارتفاعا من سطح البحر عنه فى الجهات الحارة ، شكل رقم (٨٩) ٠

ففى الجهات الحارة يكون خط الثلج الدائم على ارتفاع ٥٠٠٠ متر تقريبا ، ثم يهبط الى ٣٠٠٠ متر تقريبا فى جبال الألب فى أوروبا ، والى ١٦٠٠ متر تقريبا فوق جبال النرويج ٠ على أن ارتفاع خط الثلج الدائم لا يتوقف على درجة الحرارة فقط ، ولكنه يتأثر كذلك بالأمطار على جوانب الجبال ، فالجوانب الغزيرة الأمطار يكون فيها خط الثلج الدائم أكثر انخفاضا عنه فى الجوانب القليلة الأمطار ٠



شكل رقم (٨٩) خط الثلج الدائم

الفصل الرابع عشر

الحيوانات وتوزيعها على سطح الأرض

- العوامل التى تؤثر فى حياة الحيوانات ·
- الأقاليم الحيوانية :

أولا : حيوانات الغابات :

١ ـ حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية ·
٢ ـ حيوانات الغابات الباردة ·

ثانيا : حيوانات الحشائش :

١ ـ حيوانات السافانا ·
٢ ـ حيوانات الاستبس ·

ثالثا : حيوانات الصحارى ·

رابعا : حيوانات التندرا (الجهات القطبية) ·

خامسا : حيوانات الجبال ·

تتأثر الحيوانات بظروف البيئة الطبيعية المحيطة بها ، الا انها أقل تاثرا بتلك الظروف من النباتات ، تبعا لقدرة الحيوانات العظيمة على الحركة والانتقال من مكان لآخر ، كما ان أجسامها تحتفظ بدرجة حرارة معينة تساعدها على الحركة .

العوامل التى تؤثر فى حياة الحيوانات

١ ـ المنـــــاخ :

لكل نوع من الحيوانات مناخ يلائم حياته ، فمثلا الأفاعى لا تعيش فى الأماكن الشديدة البرودة ، والتماسيح لا ترى الا فى الأقاليم المدارية ، ونظرا لحركة وانتقال معظم الحيوانات ، فاننا نجد بعضها فى جهات بعيـدة عن موطنها ، فالنمر مثلا يوجد فى منشوريا بقارة آسيا .

وتؤثر درجة الحرارة فى لون وكثافة الشعر الذى يكسو جلد الحيوانات ففى الجهات الشديدة الحرارة يكسو الحيوانات شعر قصير ، وفى الجهات الشديدة البرودة يكسوها شعر كثيف من الصوف ليقيها شر البرد .

وهناك حيوانات تقاوم هذه الظروف وتتحملها كالزواحف التى يكون لها فترة بيات ، وخاصة فى فصل الشتاء لشدة انخفاض درجة الحرارة ، وبعضها يتحمل العطش الشديد مثل الجمل فى الجهات الصحراوية الحارة .

٢ ـ النبـــاتات :

تعتبر النباتات ذات اثر عظيم فى حياة الحيوانات ، اذ أنها تتغـذى عليها بطريق مباشر كالحيوانات العشبية ، أو بطريق غير مباشر كالحيوانات الكاسرة (آكلة اللحوم) التى تعيش على لحوم الحيوانات العشبية . ولكل اقليم من الأقاليم النبـاتية حيوانات ذات صفات خاصة تميز بعضـها عن البعض الآخر .

٣ ـ التضـــاريس :

للتضاريس أثر عظيم فى حياة الحيوانات ، ففى الجهات الجبلية تتنوع الحيوانات مع تنوع النبات من قاعدة الجبل الى قمته ، كما أن السلاسل الجبلية تعتبر بمثابة حدود فاصلة بين الحيوانات التى تعيش على جوانبها ، فجبال الأنديز فى أمريكا الجنوبية مثـلا تفصل بين الأنـواع التى تعيش فى

شرقها والانــواع التى تعيش فى غربها ، وكذلك جبال الهيمــالايا فى الهند تفصل بين حيوانات الهند وحيوانات وسط القارة الآسيوية ٠

٤ ـ الانســـــان :

للانسان أثر كبير فى توزيع الحيوانات على سطح الارض ، فهو مثلا يعمل على زيادة بعض أنواع من الحيوانات مثل الخيول ، أو يساعد على اختفاء بعض الحيوانات المتوحشة كالثيران الوحشية الامريكية ٠

الأقاليم الحيــــوانية

اولا ـ حيوانات الغابات (شكل رقم ٩٠) :

سبق أن عرفنا أن الغابات تغطى مساحة شاسعة من اليابس ، وعلى الرغم من تنوعها تبعا للعروض التى تقع فيها ، فان الحياة الحيوانية بها زاخرة ، وتتنــوع كذلك بتنوعها ٠ فبعض الحيــوانات تعيش على أرض الغابة ، وبعضها الآخر لا تطأ قدمه الأرض بل يعيش على أشجار الغابة ٠

١ ـ حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية :

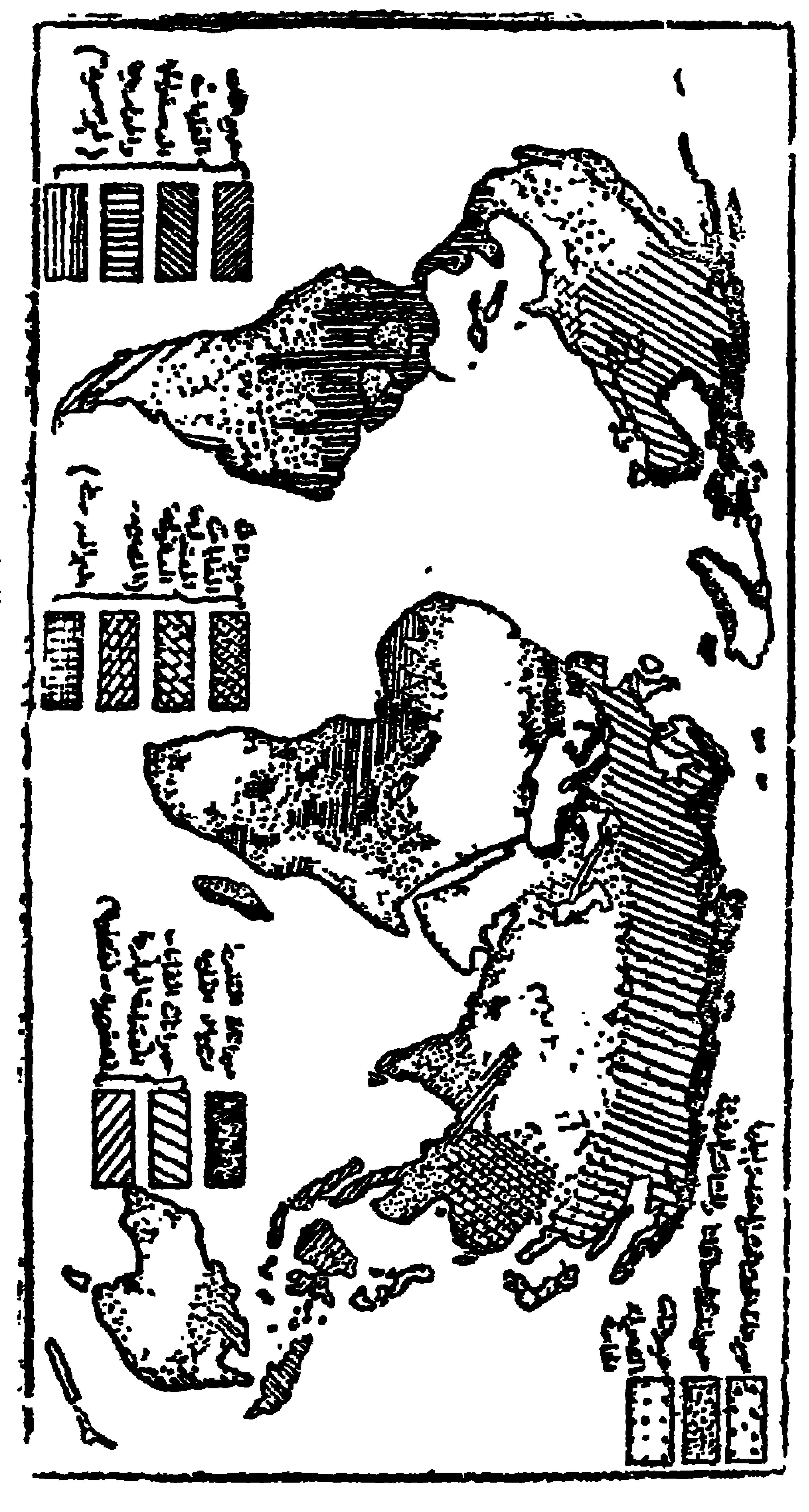
نظرا لازدحام الغابة الاستوائية بالنبات والأشجــار ، ونظرا لصعوبة الحركة والانتقــال ، فانه ليس هناك متســع للحيوانات الكبــيرة الحجم والضخمة ، كالفيلة والوحوش الكاسرة ، فهذه تعيش على أطراف الغابة ، أما الغابة نفسها فموطن للحيوانات التى تعيش على أعالى الأشجار **كالقردة وضفادع الأشجــار والطيــور** المختلفة الألــوان التى تعيش على **الفــاكهة والحشرات** ، وبعض **الأفاعى والحشرات** التى تعيش فى الأراضى الرطبة وفى جذوع الأشجار ٠ وتلك التى تعيش على المياه الراكدة والمستنقعات **كالبعوض وذباب تسى تسى** ، وكذلك **التمــاسيح وافراس البحر** (السيــد قشطة) التى تعيش فى مياه الأنهار والبحيرات والبرك ٠

وتمتاز الحيوانات التى تعيش فى الأشجار باعضــائها التى تساعدها على التسلق والتعلق والقفز السريع بين فروع الأشجار ٠

أما الغابات المدارية (الموسمية) فانها ماوى الحيــوانات التى تعيش على العشب **كالفيل والخرتيت** (وحيــد القرن) والوحــوش آكلة اللحوم **كالنمور** ٠ والحيوانات التى تعيش على الأشجار فى الجهات الكثيفة منها هى **القــردة والسنجــاب** ٠

٢ ـ حيوانات الغابات الباردة :

الحيوانات التى تعيش فى هذه الغابات سواء فى ذلك **الغابات النفضية**



شكل رقم (١٠) الاقاليم الحيوانية في العالم

أو الصنوبرية قليلة بصفة عامة • وتشمل بعض أنواع الطيور التى تعيش على الفاكهة ، ثم القارضة مثل السنجاب وهى تعيش على الحبوب الجافة ، ثم بعض القطط المتوحشة ، والحيوانات العشبية مثل الأرانب والثعالب والدب والذئب والخنزير البرى والغزال الضخم • وتوجد هذه الحيوانات بصفة خاصة فى غابات شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية ، كما تكثر بها الحيوانات المائية القارضة مثل كلب الماء •

ثانيا ـ حيوانات الحشائش :

تكسو الحشائش جزءا كبيرا من سطح الأرض فهى توجد فى الجهات الحارة ، وكذلك فى الجهات المعتدلة الدفيئة والباردة • وتختلف الحياة الحيوانية بها تبعا لاختلاف ظروف البيئة فى كل منها •

١ ـ حيوانات السافانا :

تختلف حيوانات السافانا عن حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية ، فبينما معظم حيوانات الغابات السابقة من النوع القادر على التسلق الذى يقضى حياته تقريبا على الأشجار ، وتتغذى على ثمارها ، نجد أن حيوانات السافانا معظمها من الأنواع الأرضية التى تتغذى على الحشائش ، ومن أهمها البقر الوحشى والجاموس والحمار الوحشى والزراف والخرتيت والفيل والغزال • وبعض الحيوانات المفترسة آكلة اللحوم مثل النمر والأسد والفهد • وسهولة الحركة فى اقليم السافانا تساعد الحيوانات على الحركة السريعة والهجرة للبحث عن الغذاء والماء ، وخاصة فى فصل انقطاع الأمطار الى نطاق الغابات •

ويعيش فى اقليم السافانا ، كذلك بعض الحشرات والديدان التى تكثر فى خلال فصل المطر والحرارة ، وبعضها كالأنواع القارضة تعيش فى مساكن تحفرها لنفسها فى الأرض ، وهنا تعيش أيضا بعض الطيور المتوطنة التى تتغذى على الحشرات ، وقد فقد بعضها القدرة على الطيران نظرا لضخامة جسمه وقصر أجنحته مثل النعامة •

٢ ـ حيوانات الاستبس :

تختلف حشائش الاستبس عن السافانا فى موقعها ، وفى كثرة الحشائش بها ، وخلوها من الأشجار ،وتتعرض الحيوانات فى الاستبس للجفاف والبرد الشديد الذى يهلك النبات والحيوان ، ولهذا فان بعض الحيوانات يضطر للهجرة الى مناطق أخرى ، بينما يضطر البعض الآخر الى الاعتكاف فى مسكنه حتى فصل الدفء •

ومن أهم الحيوانات هنا **الغزال والجمل ذو السنامين** ، وخاصة فى استبس قارة آسيا واوروبا ، وكثير من الحيوانات القارضة مثل **السنجاب** وقد كان يعيش قديما فى برارى قارة أمريكا الشمالية **الثور الوحشى** .

ومن صفات حيوانات الاستبس أنها حيوانات ليلية ، أى أنها لاتخرج من حفراتها الا ليلا ، أما الطيور فمن أهمها **السمان** الذى يهاجر فى أواخر الخريف نحو المناطق الدافئة هربا من برودة فصل الشتاء ، وبحثا عن الغذاء . ومنها كذلك **القنابر** (قنبرة) وبعض الطيور الجارحة **كالحداة والنسور** .

ثالثا ـ حيوانات الصحارى :

لما كانت نباتات الجهات الصحراوية قليلة أو معدومة ، كانت الحياة الحيوانية محدودة للغاية . وهى تتركز عادة فى الواحات وقرب حدود الصحراء منها فى الداخل . وأهم هذه الحيوانات **الجمل** ذو السنام الواحد ، **والغزال** ، ثم الكثير من الزواحف كالأفاعى **والسحالى** ، وبعض الحيوانات القارضة الصغيرة ، ومعظمها يختفى بالنهار ولا يظهر الا فى الليل ، كما أن أغلبها يتميز بلونه الذى لا يختلف كثيرا عن لون رمال الصحراء ، وهى ميزة تجعل من السهل عليها الاختفاء من اعدائها . كما أنها تتميز ايضا بتحملها للجفاف الشديد ، والسير بسهولة فى الجهات التى تغطيها الرمال ، لأن لأقدامها شكلا خاصا يساعدها على ذلك .

رابعا ـ حيوانات الجهات القطبية (التندرا) :

الجهات القطبية ليست فقيرة فى بيئاتها الحيوانية كما يخيل لنا من أول وهلة ، بل انها زاخرة بالحيوانات على الرغم من قسوة المناخ فيها ، وقلة النبات أيضا .

ونظرا لاقتراب اليابس فى هذه الجهات واتصاله كانت الحيوانات فيها متشابهة فى كل بقعة من بقاعها . وتشمل الحياة الحيوانية فى التندرا بعض انواع من الحيوانات والطيور التى تتميز بمقدرتها على تحمل البرودة عن طريق الفراء السميك الذى يحميها من البرد القارس . وتتغذى هذه الحيوانات من طبقات الشحم المتراكم على اجسامها خلال فصل الشتاء .

وتعتبر الرنة من أهم هذه الحيوانات جميعا ، ولقد استأنسها سكان هذه المناطق واستخدموها فى جر الزحافات على الجليد فى تنقلاتهم ، فضلا عن اكل لحومها والاستفادة من جلودها فى صناعة ملابسهم وخيامهم ، ويطلق اسم الكاريبو على الرنة التى تعيش فى كندا شمال أمريكا الشمالية .

وفضلا عن ذلك تعيش بعض الحيوانات المفترسة مثل الدب والذئب والثعلب ، وبعض الحيوانات القارضة مثل الجرذان والارانب القطبية • وتتميز السواحل البحرية القطبية بوجود حيوانات خاصة مثل فرس البحر والدب القطبى ، وكثير من الطيور البحرية مثل البطريق والبط والأوز المشهور بريشه الناعم •

ونظرا لفقر التندرا فى النباتات وخاصة فى فصل الشتاء حين يكسوها الثلج ، فان حيواناتها تهاجر الى نطاق الغابات الصنوبرية فى جنوبها •

خامسا - حيوانات الجبال :

تعيش فى المناطق الجبلية أنواع من الحيوانات تختلف من منطقة الى اخرى على جوانب الجبال كما هو الحال على سطح الأرض •• وتتلائم الحيوانات فى الجهات الجبلية تبعا لظروف البيئة التى تعيش فيها •

ومن أهم الحيوانات التى تعيش فى الغابات الجبلية القردة ذات الفراء وهى توجد فى جبال هيمالايا ، وهضبة التبت وغرب الصين ، ثم الدب الأسود والنمر الأرقط الذى يمتاز بفرائه الأسود السميك ذى البقع الرمادية ، وهو يوجد بصفة خاصة فى هضبة منغوليا ، وفى المنطقة التى تكسوها الحشائش يعيش نوع من الغزال الذى يوجد فى جبال الألب باوروبا ، والياك فى هضبة التبت فى قارة آسيا ، ويمتاز بشعره الكثيف وخفة حركته ، وهو لذلك أهم وسيلة لحمل الاثقال فى هذه الجهات • ويوجد أيضا كثير من حيوان الماعز والضأن والحيوانات القارضة • ولا توجد فى منطقة الثلج الدائم على قمم الجبال الا الديدان التى تعيش فى الصخور نظرا لشدة البرد •

الجزء الثالث

المناخ والأقاليم المناخية بالقارات

دراسة تطبيقية

الفصل الخامس عشر

المناخ والأقاليم المناخية بقارة أوروبا

- العوامل المؤثرة فى مناخ القارة .
- أحوال المناخ فى فصل الشتاء : الحرارة ، الضغط والرياح ، الأمطار .
- أحوال المناخ فى فصل الصيف : الحرارة ، الضغط والرياح ، الأمطار .
- الأقاليم المناخية بقارة أوروبا :

١ ـ اقليم البحر المتوسط .

٢ ـ اقليم مناخ غرب أوروبا

٣ ـ اقليم مناخ وسط أوروبا .

٤ ـ اقليم مناخ شرق أوروبا .

٥ ـ اقليم المناخ البارد فى شمال شرق أوروبا

٦ ـ اقليم مناخ التندرا .

العوامل المؤثرة فى مناخ القارة :

يتأثر مناخ أوروبا بعدة عوامل أهمها ، موقعها الجغرافى ، وصغر مساحتها النسبى ، وشكلها ، وطول سواحلها ، وتعرج تلك السواحل ، ثم نظام واتجاه مرتفعاتها وسهولها ، ونطاقات الضغط المحيطة بها ، وتعرض سواحلها الغربية لتاثيرات التيارات البحرية الدفيئة ٠

وتقع أوروبا بين خطى عرض ٣٥ر٧١ درجة شمالا ، ومن ثم فان القسم الأعظم منها يقع فى نطاق المنطقة المعتدلة ، فيما عدا شريط ضيق يمتد داخل الدائرة القطبية الشمالية ٠ ومع هذا فان القسم الشرقى من القارة يتعرض للمؤثرات القارية ، ومن ثم يعظم فيه المدى الحرارى السنوى الذى قد يزيد على ٥٠ درجة مئوية ، ويتعرض القسم الغربى من القارة لمؤثرات الرياح الغربية والأعاصير التى تصاحبها تلك الرياح التى تهب على أوروبا صيفا وشتاء من المحيط الأطلسى فتجلب لها تاثيرات مناخية ملطفة ، كما تحمل لها الرطوبة والمطر ٠

والقارة صغيرة المساحة نسبيا ، مما جعل معظم أجزائها قريبا من البحر وتأثيراته الملطفة ، هذا عدا ما تمتاز به سواحلها من كثرة التعرج ، وكثرة الخلجان المتداخلة فى اليابس ٠ علاوة على امتداد الكثير من أشباه الجزر فى البحار المحيطة ،مما يسمح بنفاذ المؤثرات البحرية لأجزاء بعيدة فى يابسها ٠

وتمتد مرتفعات أوروبا فى اتجاه عام من الغرب الى الشرق ، وهذا يسمح للمؤثرات المحيطية بالنفاذ والتوغل الى شرق القارة عبر السهول الشمالية ٠ وتعتبر هذه المرتفعات حاجزا يمنع وصول المؤثرات الجنوبية الدفيئة أو الحارة من الوصول الى شمالها ، كما تعرقل توغل المؤثرات المناخية الباردة فى فصل الشتاء من النفاذ الى جنوبها ٠ أما فى الشرق فنجد الفتحة السهلية الفسيحة الممتدة بين جبال أورال وجبال القوقاز بمثابة منفذ سهل تسلكه المؤثرات المناخية الباردة (شتاء) والحارة (صيفا) من قارة آسيا الى شرق أوروبا ٠ وتعتبر مرتفعات اسكنديناوه حاجزا يعوق وصول المؤثرات المناخية المحيطية الى أراضى السويد وفنلندا وشمال روسيا ، وتقصرها على السواحل الغربية من شبه الجزيرة ٠ أما فى الجنوب فنجد أعاصير الرياح الغربية تجد لها مسالك عبر منخفض الجارون ـ كركاسون ، وعبر مضيق جبل طارق الى البحر المتوسط فتؤثر تاثيرا بينا على أحوال المناخ فى أراضى جنوب أوروبا المطلة عليه فى فصل الشتاء ٠

وتؤثر فى مناخ أوروبا اربعة نطاقات من الضغط : **الأول ، ويعرف بنطاق الضغط المرتفع الأزورى** ٠ ينشأ حيث تفترق الرياح الغربية والرياح التجارية فى شمال المحيط الأطلسى ٠ وفى فصل الصيف يتسع مجاله ليشمل

اقليم البحر المتوسط ، وقد ينتشر شمالا أيضا ليشمل الجزر البريطانية وينشأ عنه هدوء عام فى الأحوال الجوية ، فنجد الطقس مشمسا ، والسماء صافية خالية من السحب وذلك فى القسم الجنوبى من أوربا ، ومثل هذه الظروف المعتدلة تسود أحيانا فى الجزر البريطانية وفى شمال فرنسا وهولندا وبلجيكا وشمال ألمانيا . ولما كانت مناطق الضغط المرتفع عديمة المطر فى الأغلب الاعم ، فان الأراضى التى تغطيها تعانى عادة من الجفاف.

والنطاق الثانى ويعرف بالضغط المنخفض الأيسلندى ، يتركز فوق شمال المحيط الأطلسى طوال العام ، حيث تلتقى التيارات القطبية الباردة بالرياح الغربية الدفيئة . وتنكمش مساحته فى فصل الصيف عنها فى فصل الشتاء حين يتسع جنوبا الى سواحل أسبانيا والبرتغال . وتتحرك الاعاصير التى تنشأ فى هذا النظام من الضغط صوب الشرق عبر أوربا ، وهى تزداد وتتكاثر فى الشتاء حين يتناول تأثيرها مساحات أكبر ، وهى تتخذ لها مسارات أو مسالك خاصة تسمى خطوط الأعاصير على طول امتدادها يشتد النشاط الاعصارى وتأثيره ، وهى على أى حال لا تترك قسما من غربى أوربا دون أن يتناوله تأثيرها ، وفى فصل الصيف تستطيع الأعاصير النفاذ من غرب أوربا والوصول الى اقصى شرق القارة والتأثير فيه .

والنطاق الثالث يعرف بنظام الضغط المرتفع الأسيوى فى فصل الشتاء حين تشتد البرودة فى الأجزاء الداخلية والشمالية من آسيا ، ويصبح قلب القارة وشمالها مركزا لكتلة عظيمة من الهواء البارد ، ويمتد تأثير هذا النظام الى قارة أوربا فى هيئة لسان من الضغط المرتفع يمتد عبرها كاسفين ضد اعصارى قاعدته فى آسيا ، ويقسم الرياح الغربية الى مجموعتين من التيارات الهوائية ، احداهما فى شماله تؤثر على مناخ غرب أوربا ، والأخرى فى جنوبه تجلب باعاصيرها المطر والطقس المتغير لاقليم البحر المتوسط .

والنطاق الرابع ويسمى بالضغط المنخفض فى جنوب غرب آسيا ، ينشأ فى فصل الصيف ، ومركزه شمال غربى الهند ، ومنه يتسع ليشمل القسم الجنوبى الغربى من آسيا . ويقع الطرف الشرقى من البحر المتوسط والأراضى المشرفة عليه فى هوامش هذا النطاق . أما القسم الجنوبى من روسيا وتركيا ومعظم أراضى شبه جزيرة البلقان ، وهى جميعا تقع فى شمال غربى النطاق ، فتسودها جميعا رياح غربية وشمالية غربية جافة . ولهذا فان القسم الجنوبى الشرقى من أوربا يعانى فى فصل الصيف من الجفاف .

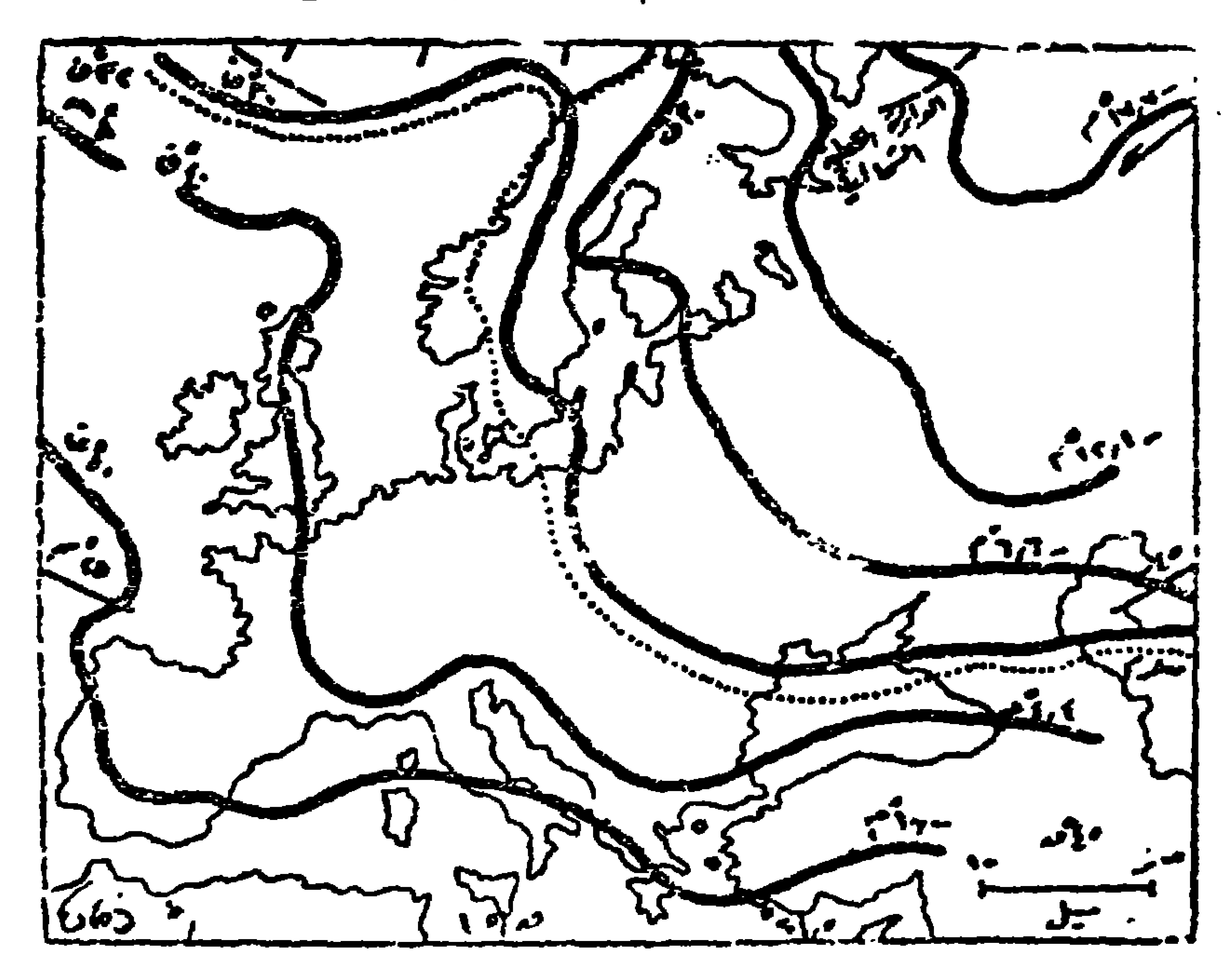
وهناك حقيقة على جانب كبير من الأهمية هى أن حرارة المياه المجاورة لسواحل غرب أوربا فى الشتاء أعلى بكثير من حرارة اليابس . ويتلقى القسم الشمالى من المحيط الاطلسى مددا دائما وثابتا من المياه السطحية

الدافئة عن طريق تيار الأطلسى الشمالى (تيار الخليج الدافىء) الذى يسير نحو الشمال الشرقى مدفوعا بالرياح الجنوبية الغربية السائدة فوق شرقى المحيط الأطلسى • وهذا التيار الدافىء هو الذى يبقى موانى غرب وشمال اسكنديناوه شرقا حتى مومانسك Murmansk خالية من الجليد • ويؤثر التيار عدا ذلك تأثيرا غير مباشر فى تدفئة اليابس الأوربى ، فالكتل الهوائية الباردة التى تقترب من أوربا من الشمال الغربى تدفأ بسرعة حينما تعبر بحر النرويج وبحر الشمال مارة عليه وتصل الى يابس القارة ككتل هوائية دافئة نسبيا •

أحوال المناخ فى فصل الشتاء

الحرارة :

تنخفض درجات الحرارة تدريجيا كلما اتجهنا من غرب القارة صوب شرقها ، ففى ذلك الفصل تنتقل عمودية الشمس الى الجنوب من خط الاستواء • وتسقط أشعتها مائلة على أرض القارة مما يقلل من تأثيراتها الحرارية ، ويصبح المحيط الأطلسى هو العامل الفعال المؤثر فى تلطيف درجات الحرارة بها ، اذ تهب منه كتل هوائية دافئة صوب القارة • ولهذا نجد أن درجة حرارة شهر يناير فى سواحل غرب القارة تتراوح بين ١٠°م فى ساحل غرب البرتغال وحوالى ٤°م عند الرأس الشمالى •



شكل رقم (٩١) خطوط الحرارة المتساوية فى فصل الشتاء

ولعله من المفيـد هنا أن نجرى مقارنة بين درجات حرارة الشـتاء فى اراضى شمال غرب أوربا ، وبينها فى أصقاع أخرى تقع على نفس خطوط العرض فى شمال شرق أمريكا الشمالية • مثال ذلك درجة الحرارة فى كورونا الواقعة فى شمال غرب أسبانيا تبلغ فى شهر يناير نحو ٥ر٨°م،بينما تنخفض فى بورتلاند فى ولاية مين Maine الى ٦ر٥°م ، ويبلغ متوسط حرارة شهر يناير فى مدينة بيرجن Bergen فى غرب النرويج ٨ر٢°م ، بينما نجد مياه خليج هدسن الواقعة على نفس العروض تتجمد فى الفترة بين نوفمبر ومارس•

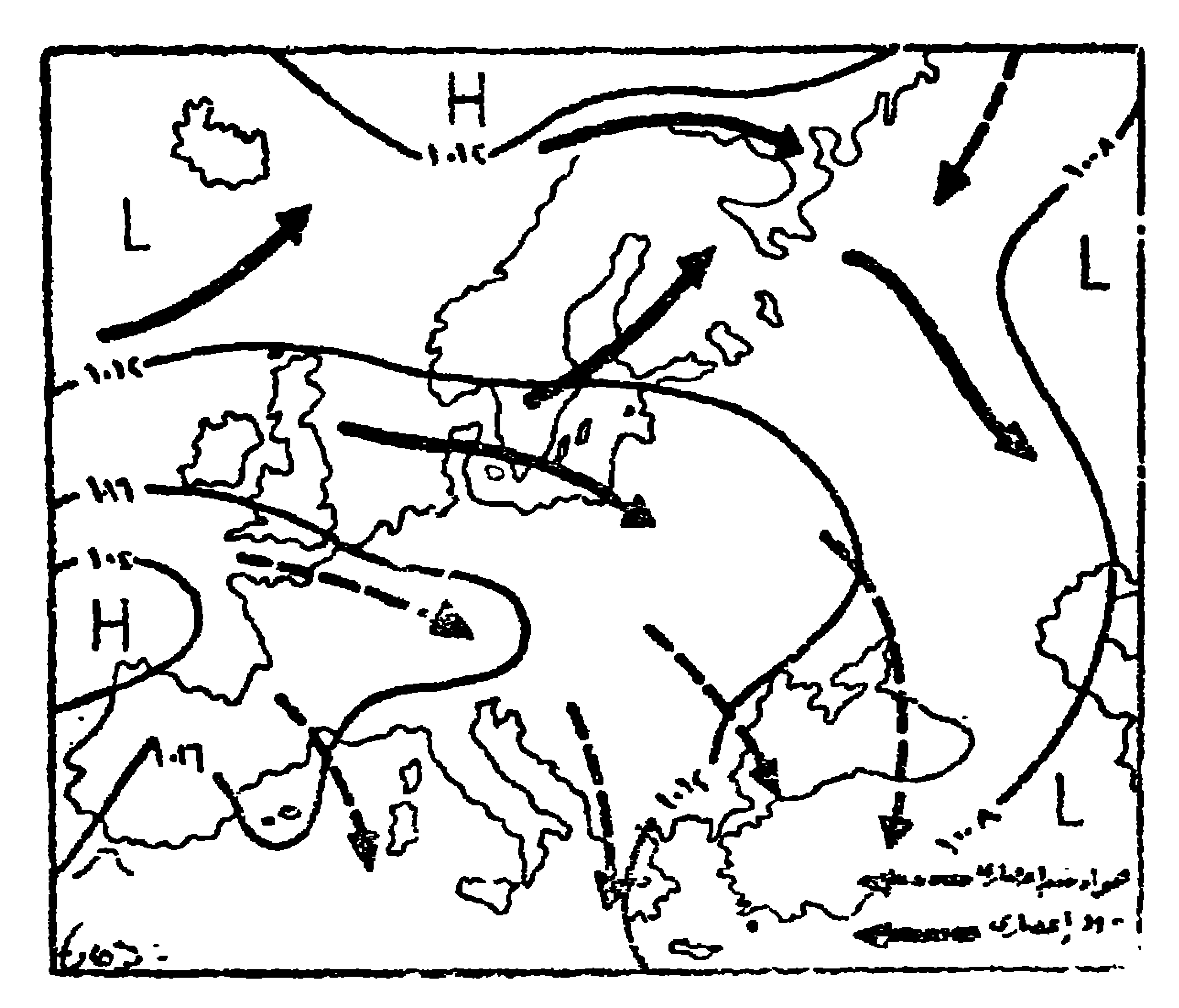
وكلما توغلنا فى اليابس الأوربى صوب الشرق ، وبعـدنا عن المحيط الأطلسى كلما انخفضـت درجات الحرارة حتى تصـل الى درجة التجمد وما دونها ، فنجد مثلا أن حرارة لننجراد فى شهر يناير تهبط الى ـ٤ر٩°م ودرجة حرارة موسـكو تنخفض الى ـ١ر١١°م ، والواقع أن منـاخ شرقى أوربا أقرب الى المناخ القارى حيث يعظم فيه المدى الحرارى السـنوى • فالفرق الحرارى بين متوسط حرارة الشتاء ومتوسط حارة الصيف فى موسكو مثلا يبلغ ٣٠°م ، بينما يقل الفرق الحرارى قلة كبرى قرب السواحل الغربية لأوربا•ففى كورونا لايتعدى المدى الحرارى ١٢°م،وفى فالينشيا فى جنوب غرب أيرلندا٥ر٨°م،وحتى فى الرأس الشمالى بالنرويج لايزيد على ١٣°م •

الضـغط والريـاح :

وفى هذا الفصل يصبح القسم الشرقى من أوربا مركزا لنطاق من الضغط المرتفع بسبب شدة برودة الهواء وتكاثفه ، وهو يعتبر امتدادا لنطاق الضغط العظيم المتركز فوق آسيا فى الشتاء ، ومنه تخرج رياح باردة جافة تهب على القسم الأوسط والشمالى الغربى من القارة ، كما تهب أيضـا رياح باردة وجافة من الشمال القطبى على أرضها • ويستمر الضغط المرتفع متمركزا فى شرق أوربا فترة طويلة ، ولهذا نجد مناخ الشتاء فى روسيا يتميز بالبرودة القارسة والركود وقلة التساقط • ويمتد تاثير الضغط المرتفع نحو الغرب فيتناول بولندا ، والمانيا خاصة قسمها الشرقى ، وكل أقطار الدانوب ، وسويسرا وشرق فرنسا ، ولكننا نلاحظ أن فترات وجود أضداد الأعاصير تقل فى هذه الدول ، اذ تتناوب معها فترات تسود فيها الرياح الغربية التى تجلب الطقس الغائم الرطب والعاصف •

ويحدث فى بعض السنين ان يمتد تاثير نطاق الضغط المرتفع الآسيوى ليشمل غربى أوربا ، كما حدث فى شتاء عامى ١٩٤٧ ، ١٩٦٢ وفى ربيع عام ١٩٦٣ ، حينئذ يعانى غرب أوربا من طقس شديد البرودة • وحيث تستطيع الرياح الشمالية الشرقية أن تعبر نطاق البحر البلطى وبحر الشمال، تشتد البرودة ، وتتساقط الثلوج كما يحدث أحيـانا فى اراضى شمال أوربا المنخفضة وفى الجزر البريطانية •

ويتاثر اقليم البحر المتوسط بالهواء البارد الذى يرابض فى فصل الشتاء



شكل رقم (٩٢) توزيع الضغط والرياح فى الشتاء

فوق أراضى وسط أوربا . اذ يحدث حينما تمر المنخفضات الجوية فى هذا الفصل على طول السواحل الشمالية للبحر المتوسط أن تنجذب التيارات الهوائية الباردة نحو الجنوب مكونة لرياح قوية باردة تهب على طول وادى الرون تعرف برياح المسترال Mistral ، وعلى شمال البحر الادرياتى حيث تعرف برياح البورا Bora .

وتهب من نطاق الضغط المرتفع الازورى رياح نحو نطاق العروض الستينية ، حيث يتركز نطاق الضغط المنخفض الايسلندى ، ويكون اتجاهها بالنسبة للقارة جنوبية غربية . وعند التقاء التيارات الهوائية القطبية الباردة بالتيارات الجنوبية الحارة أو الدفيئة تنشأ الاعاصير بكثرة . وهى الأعاصير التى تسبب ظروف الطقس المتغيرة فى غرب القارة وجنوبها .

الأمطار :

معظم الأمطار التى تسقط فوق القارة من نوع المطر الاعصارى وبعضها تضاريسى . والمطر الاعصارى يصحب مرور الأعاصير التى تدفعها الرياح الغربية صوب القارة . ويشتد ورود الأعاصير فى فصل الشتاء ، ولهذا فاننا نتوقع أن أجزاء أوربا التى تقع فى مهب الرياح العكسية وأعاصيرها فى هذا الفصل ، تتلقى كمية من الأمطار الاعصارية خاصة منها الأجزاء الغربية ،

وكلما اتجهنا شرقا فى قارة أوربا ، وابتعدنا عن المحيط الأطلسى ، تقل الأمطار الاعصارية بالتدريج • ويمكننا ان نلاحظ هذه الظاهرة اذا نظرنا الى معدل كمية الأمطار الساقطة سنويا فى عدة مدن تقع على امتداد القارة من الغرب الى الشرق • ففى مدينة بريست Brest التى تقع فى شمال غرب فرنسا تبلغ كمية الأمطار السنوية نحو ٦٤ سم • وتجاه الشرق تقل كمية الأمطار الساقطة ، فنجد كميتها فى برلين ٥٠ سم ، وفى وارسو ٤٩سم، وفى موسكو ٤٦٫٥ سم ، وفى أوديسا Odessa ٣٥٫٥ سم • وفى الشرق تتناقص الكمية تناقصا كبيرا الى نحو ١٥ سم فى مدينة استراخان Astrakhan الواقعة فى دلتا نهر الفولجا •

وفضلا عن أن القسم الشرقى من أوربا يبتعد كثيرا عن المؤثرات المحيطية ، فانه أيضا يكون مركزا لضغط مرتفع • ولما كان الهواء البارد بطبيعته قليل الرطوبة ، فان التساقط فى شرق أوربا يقل فى الشتاء ، وهو يتساقط حينئذ على هيئة ثلج بكميات صغيرة تزيد على بضعة سنتيمترات وأيام الشتاء تكون هنا عادة هادئة ، فالسماء صحو والشمس مشرقة ، على الرغم من أن درجة الحرارة تهبط الى ما دون درجة التجمد بكثير • وفى موسكو تبلغ كمية التساقط فى أشهر النصف الشتوى من السنة ١٣٫٥ سم من مجموع التساقط السنوى الذى يبلغ ٤٦٫٥ سم ، وفى شكالوف Chkalow التى تقع قرب السفوح الجنوبية لجبال الأورال يبلغ التساقط نحو ١٤ سم فى أشهر الشتاء من مجموع الكمية السنوية البالغة ٣٦ سم •

وتسقط الأمطار فى أراضى اقليم البحر المتوسط فى فصل الشتاء على الخصوص ، حين تقع تلك الأراضى تحت تاثير الرياح الغربية والأعاصير ، ومن ثم تتلقى أقطار جنوبى أوربا المشرفة على ذلك البحر كميات من الأمطار تفوق فى بعض الأماكن جملة ما يسقط منها فى غرب أوربا طوال العام • ونظرا لاعتراض مرتفعات الأبنين فى ايطاليا وسلاسل الألب الدينارية فى غرب شبه جزيرة البلقان لهبوب الرياح الغربية ، نجد أن السفوح الغربية لتلك المرتفعات غزيرة المطر ، بعكس سفوحها الشرقية الواقعة فى ظل المطر • ولذلك نجد أن منحدرات الكارست المشرفة على البحر الادرياتى فى يوغسلافيا تعتبر من أكثر جهات أوربا مطرا ، اذ يسقط على بعض أجزائها من المطر سنويا ما يعادل ٤٠٠ سم • بينما نجد مدينة أثينا التى تقع فى الجانب الشرقى من البلقان لا يصيبها من المطر سوى ٣٤ سم سنويا •

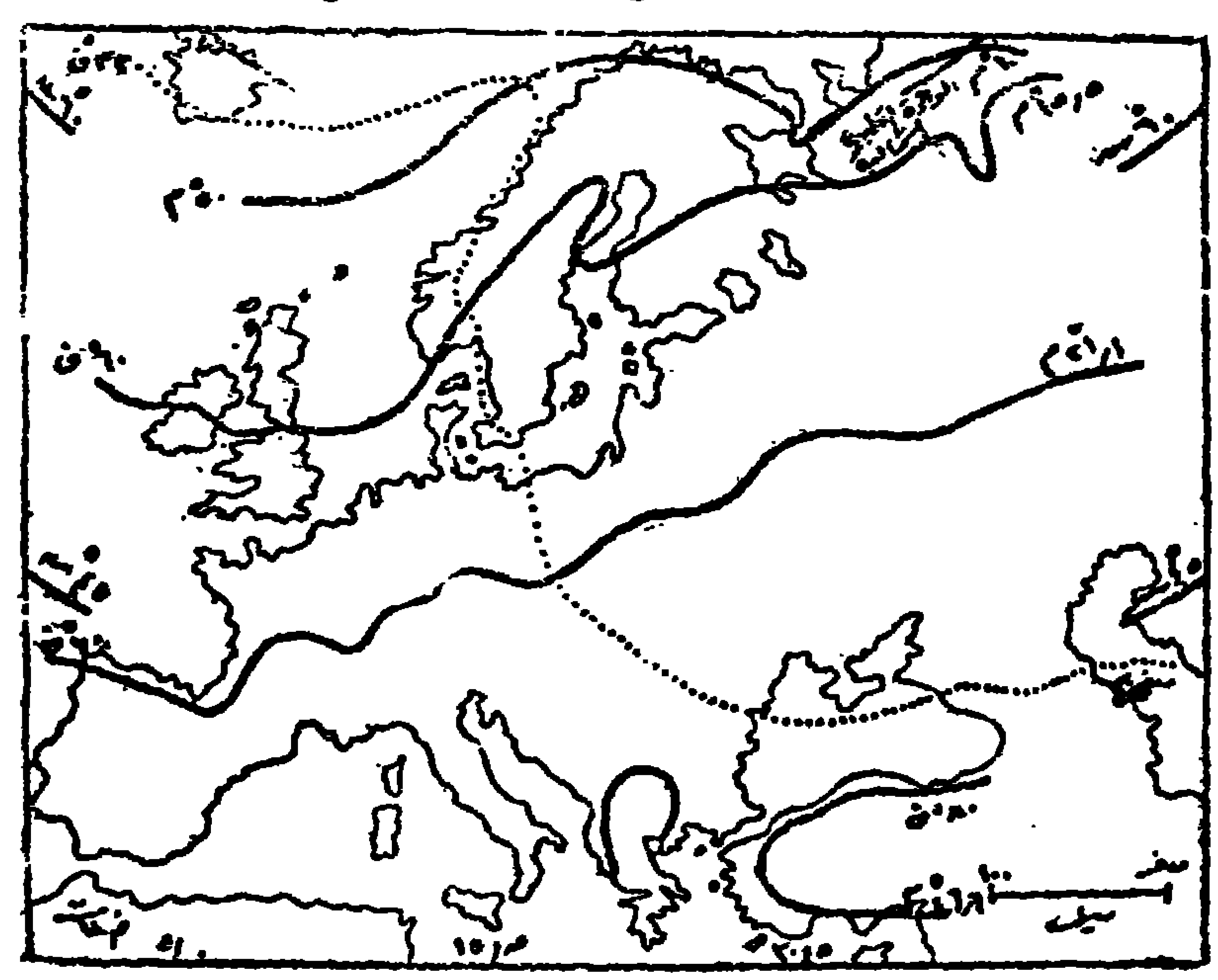
وحيث تصطدم الرياح الغربية بالأراضى المرتفعة والجبال يغزر المطر ، ونشاهد ذلك مثلا فى مدينة بيرجن التى يسقط عليها سنويا ١٨٥ سم،ويسقط فى يومين من كل ثلاثة أيام • ويتلقى معظم أجزاء الساحل الغربى لاسكنديناوه كمية من المطر تزيد على ٢٢٥ سم • ويبدو تاثير الجبال فى اسقاط المطر حتى فى الجهات البعيدة عن المحيط الأطلسى • ففى منطقة Puy de Dome فى هضبة فرنسا الوسطى يسقط نحو ١٤٥ سم فى السنة ،

وفى جبل سانتيس Saentis فى سويسرا ٢١٠ سم، وفى دبروفينك Dubrovnik فى ساحل غرب يوغسلافيا السابقة (ساحل الجبل الأسود حاليا) Montnegra اى الى الغرب من مرتفعات الألب الدينارية ١٣٠ سم . وتسقط الأمطار بغزارة ايضا فوق أجزاء من جبال القوقاز التى تجاور اشد جهات أوربا جفافا فتصل الى نحو ٣٢٠ سم . أما الجهات التى تقع مظاهرة للجبال اى فى ظل المطر فتقل فيها كمية الأمطار . وقد سبق أن أشرنا الى أثينا التى تقع فى الجانب الشرقى المحمى من اليونان ، ونشير كمثال آخر الى مدينة هاباراندا Haparanda التى تقع فى أقصى شمال خليج بوثنيا فى السويد ، فهى تتلقى كمية سنوية من التساقط تعادل ٤٢ سم فقط ، وذلك لوقوعها الى الشرق من مرتفعات اسكنديناوه .

احوال المناخ صيفا

الحرارة:

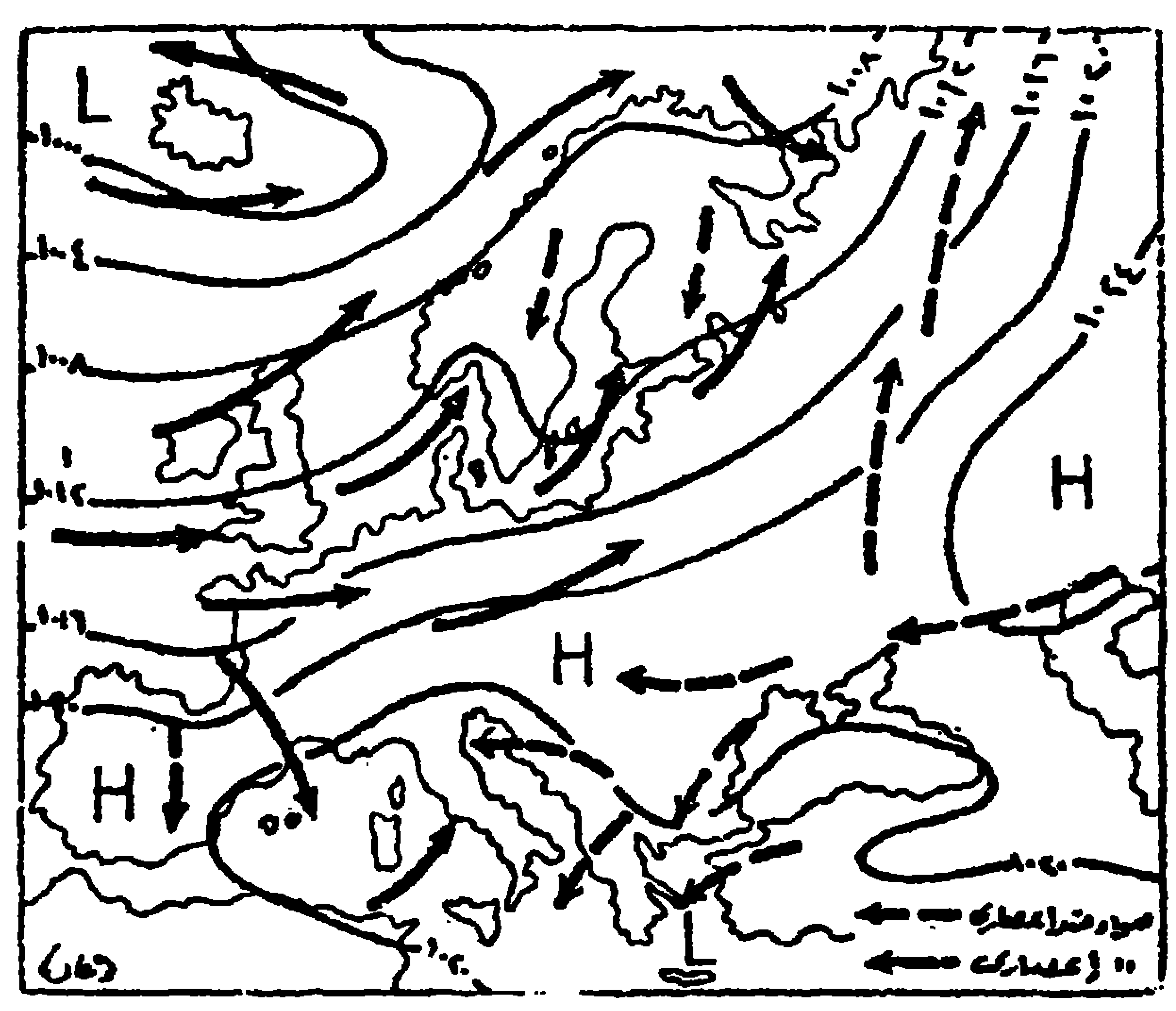
تنتقل عمودية الشمس فى هذا الفصل الى الشمال من خط الاستواء ، ومن ثم تتاثر بها حرارة القارة تاثرا واضحا . ويلاحظ من قراءة خريطة خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو شكل رقم (٩٣) أنها تشير الى تناقص منتظم فى المتوسطات الحرارية من البحر المتوسط جنوبا الى المحيط المتجمد شمالا ، والمحطات الداخلية التى تقع فى سهول أو بقاع منخفضة هى دائما



شكل رقم (٩٣) خطوط الحرارة المتساوية فى فصل الصيف
وقد رسمنا خط الصفر المئوى للمقارنة

أدفأ من المحطات المجاورة للمحيط • ومن ثم فاننا كلما ابتعدنا عن البحر ، كلما ازداد المدى الحرارى بين أبرد الشهور وأحرها • وتبلغ درجات الحرارة أقصاها فى جنوب القارة حيث يحيط خط الحرارة ٢٧°م بأحر أجزائها فى داخلية جنوب أسبانيا وجنوب ايطاليا ومعظم جنوب شرق أوربا وسهول الفولجا • وقد يحدث أحيانا أن يسجل الترمومتر نهايات عظمى تناهز الأربعين ، لا فى الجنوب والوسط فحسب ، وانما أيضا فى الشمال قرب سواحل بحر الشمال وبحر البلطيق •

وعلى الرغم من أن درجات الحرارة لاتزيد غالبا عن حوالى ١٠°م حول سواحل المحيط المتجمد الشمالى ، الا أنه ينبغى أن نلاحظ أن النهار يزداد طولا كلما اتجهنا نحو الشمال ، ومن ثم فان درجات حرارة الصيف تزداد فى العروض العليا بسبب طول فترة شروق الشمس • وهذا يعنى أنه ولو أن حرارة الشمس لا تكون عظيمة فى الشمال كما هى فى الجنوب ، الا أنه نظرا لان الشمس تشرق أثناء فترات أطول فى الصيف ، فان الحرارة قد تكفى للسماح بنشاط زراعى فى تلك الجهات الشمالية • ومما لاشك فيه أن موسم النمو قصير ، ولهذا ينبغى استخدام طرائق ووسائل معينة للزراعة حتى يمكن أن تلائم قصر فترة الانبات ، ففى كندا وروسيا يزرع نوع معين من القمح فى أصقاع تقع قرب الدائرة القطبية يستطيع أن يكمل دورة حياته ، من موعد البذر حتى وقت الحصاد ، فى تسعين يوما فقط •



شكل رقم (٩٤) توزيع الضغط والرياح فى الصيف

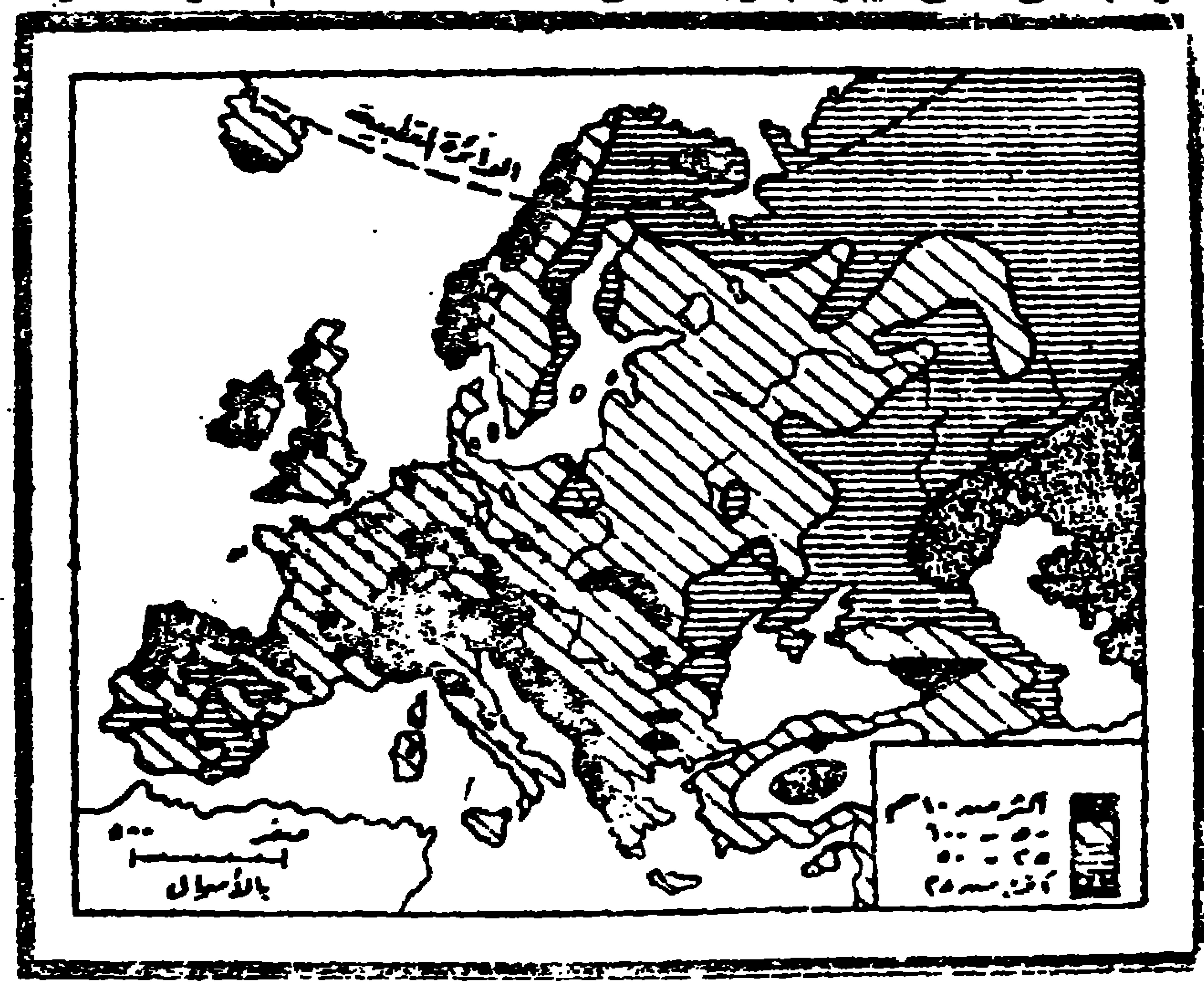
الضـغط والريـاح :

فى هذا الفصل يتسع نطاق الضغط المرتفع الآزورى ليشمل منطقة البحر المتوسط . وينشأ عنه هدوء عام فى الأحوال المناخية فنجد الطقس مشمسا، والسماء صافية خالية من السحب ، وذلك فى جنوب أوربا . وعادة نجد مناطق الضغط المرتفع عديمة المطر . وهذا هو السبب فى أن أقطار البحر المتوسط جافة فى فصل الصيف ، وهو السبب أيضا فى الموجات الحارة التى تسود أحيانا غربى أوربا ، حينما يتسع نطاق الضغط المرتفـع الآزورى ويمتد نحو الشمال فى هذا الفصل .

ويتركز فوق آسيا فى الصيف نطاق هائل من الضغط المنخفض يمتد غربا ليشمل شرقى أوربا ، وتستطيع الرياح الغربية حينئذ أن تتوغل نحو شرقى القارة ، كما تستطيع الأعاصير أن تتقدم معها ولكنها أضعف وأقل عددا من أعاصير الشتاء .

الأمطـــــار :

يسقط المطر فوق القارة اعصاريا وتضاريسيا ، ولكن قسما عظيما منه فى فصل الصيف من النوع الانقلابى ، وهو الذى ينشأ من تصاعد الهواء الرطب الى أعلى فيبرد بدرجة تكفى لاحداث التكاثف ثم سقوط المطر .



شكل رقم (٩٥) توزيع الامطار السنوية

وعادة ما يصاحب الأمطار الانقلابية فى قارة أوربا عواصف مرعدة ، هذا على الرغم من أنه ليس من الضرورى أن يقترن هـذا النوع من الامطـار بحدوث الرعد والبرق • ومثل هذه الأمطار تسقط على مختلف أجزاء أوربا فى الصيف ، ولكنها تتركز على الخصوص فى الاجزاء الوسطى والشرقية من القارة • ويكون المطر غزيرا بصفة عامة على الأجزاء الغربية وفوق جبال الألب ، ومعتدلا فى الوسط ، ويشح فى الشرق ، بينما يعانى القسم الجنوبى والجنوبى الشرقى من الجفاف نظرا لهبوب رياح غربية وشمالية غربية تأتى من جهات أبرد الى جهات دفيئة ،لذا فانها لا تسقط مطرا على تلك الجهات •

الأقاليم المنـــاخية :

ويمكن تقسيم قارة أوربا الى عدة أقاليم مناخية تختلف عن بعضـها اختلافا كبيرا فى مميزاتها المناخية •

١ ـ اقليم البحر المتوسط :

ويشمل الأراضى التى تطل على هذا البحر فى جنوب أوربا ، بالاضافة الى سواحل البرتغال وسواحل جنوب غرب أسبانيا ، وجنوب غرب البحر الأسود ، وسواحل جنوب شبه جزيرة القرم •

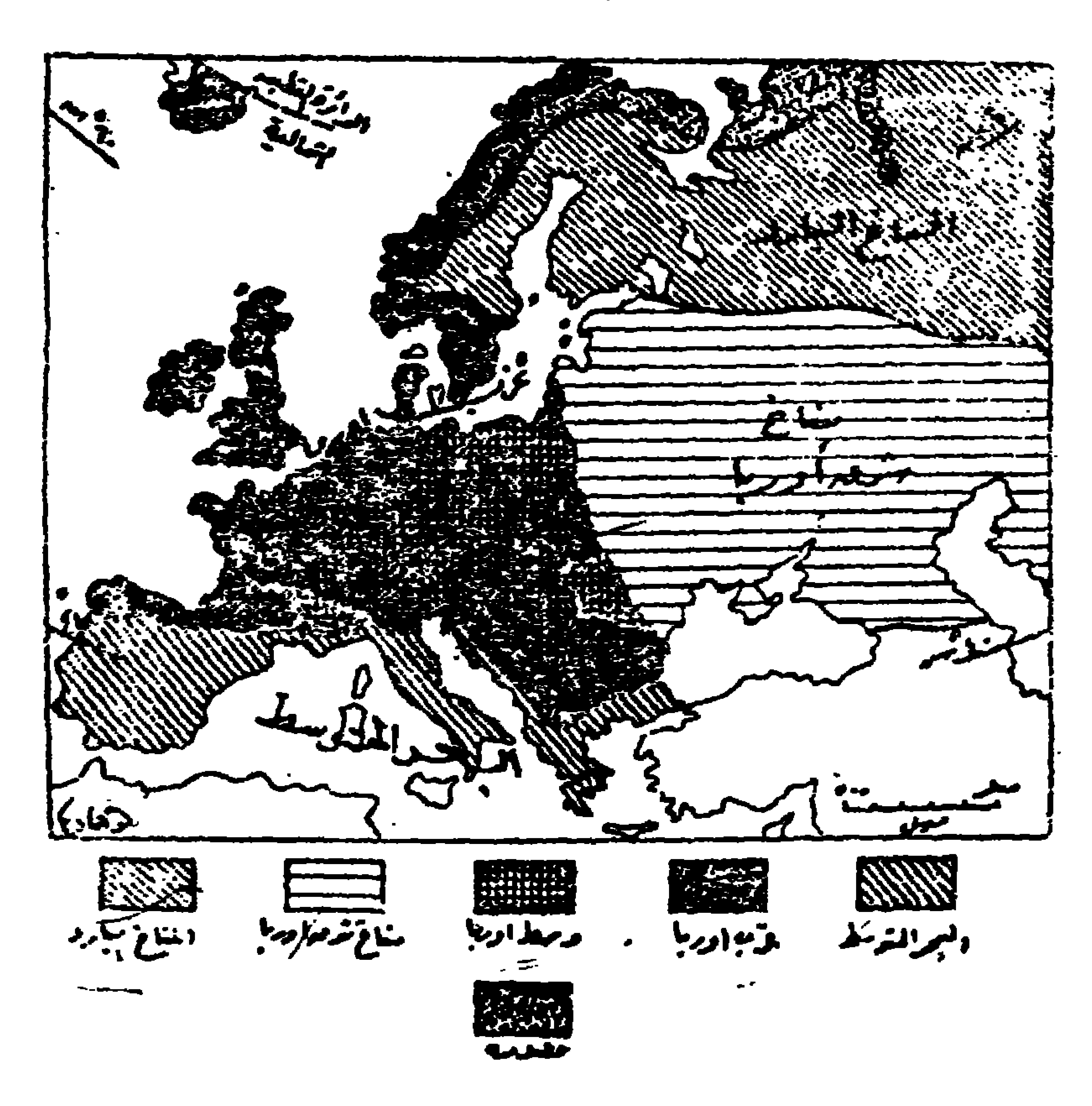
ويتميز الاقليم بشتاء دفىء ، اذ يبلغ المتوسط الشهرى للحرارة نحو عشر درجات مئوية ، وتتناقص درجات الحرارة من الجنوب نحو الشمال ، ومن الغرب صوب الشرق • وقد تهبط درجات الحرارة الى الصفر أو ما دونه فى بعض الليالى الصافية ، وخصوصا فى المناطق التى تقع تحت تأثير هبوب الرياح المحلية الباردة ، اذ تهب على الاقليم فى فصل الشتاء ـ كما سبق أن ذكرنا ـ رياح باردة جافة تأتى من وسط القارة ، تجذبها اليه المنخفضات الجوية المحلية ، وهى رياح المسترال فى وادى الرون ، والبورا فى شمال البحر الأدرياتى ، وايتسيا فى شمال بحر ايجه •

وتشتد الحرارة فى أراضى هذا الاقليم فى فصل الصيف ، اذ يزيد معدلها على ٢١°م • وتزداد الحرارة كلما اتجهنـا من الغرب الى الشرق ، ومن الشمال صوب الجنوب • وفى شهر يوليو تزداد الحرارة اذ يفوق معـدلها ٢٥°م ، كما أن الفرق الحرارى اليومى كبير ، اذ يصل الفرق بين أدنى درجة حرارة وأقصاها نحو ٢٠°م • وبسبب الجفاف وصفاء السماء ترتفع الحرارة نهارا حتى لتصل الى أكثر من ٣٥°م ، بينما تهبط فى الليل الى نحو ٢٠°م أو دون ذلك •

وتقع أراضى الاقليم فى منطقة انتقال بين الرياح الغربية التى تهب عليها فى فصل الشتاء فتجلب لها المطر ، والرياح التجارية الشمالية الشرقية التى تهب عليها فى الصيف ، وهى رياح جافة • ولهذا فالاقليم يتميز بمناخ معتدل

الأخرى
ومتغير فى النصف الشتوى من السنة ، وبمناخ شبه مدارى ومستقر أثناء الصيف . ومع هذا فاننا نجد فى أراضى حوض البحر المتوسط اختلافات مناخية محلية كثيرة ، ويمتد البحر المتوسط من الغرب حتى أقصى الشرق مسافة تزيد على ٣٢٠٠ كيلو متر ، وعلى امتداد تلك المسافة تتناقص الأمطار تدريجيا من الغرب نحو الشرق . فبينما تبلغ كمية الأمطار الساقطة فى جبل طارق حوالى ٨٠ سم ، اذ بها تهبط الى ٣٤ سم فى مدينة اثينا . وتتسبب المرتفعات فى ازدياد كمية الأمطار الساقطة حتى اننا نجد أن كمية المطر الساقطة شتاءا على بعض أجزاء من ايطاليا وغرب يوغسلافيا وغرب اليونان تفوق كمية الأمطار التى تسقط سنويا على بعض بقاع غرب أوربا .

وفى الاقليم نجد جهاتا تتميز بالارتفاع ، أو بانها مغلقة تحيط بها الجبال . ومن ثم يصبح مناخها أقرب للمناخ القارى منه لمناخ البحر المتوسط . ومن بين تلك الجهات هضبة المزيتا فى أسبانيا ، وسهل لومبارديا وأجزاء مختلفة من يوغوسلافيا واليونان ، وفى هذه المناطق تنخفض درجات



شكل رقم (٩٦) الاقاليم المناخية

الحرارة عن معدلها المعروف فى اقليم مناخ البحر المتوسط المثالى ، ففى بورجوس Burgos فى أسبانيا يهبط متوسط درجة حرارة شهر يناير الى ٩ر١°م ، وفى ميلانو الواقعة فى القسم الغربى من سهل لومبارديا بايطاليا يهبط المتوسط الحرارى فى شهر يناير الى ٣ر°م ، وكل هذه الجهات المذكورة تتلقى كمية من الأمطار الصيفية أكثر من كمية الأمطار الشتوية •

وفيما يلى نورد أرقاما لبعض محطات تمثل هذا الاقليم :

المحطة	حرارة يناير°م	حرارة يوليو°م	المتوسط السنوى	كمية المطر الشتوية (سم)	كمية الأمطار فى أشهر الصيف الثلاثة (سم)
جبل طارق	٨ر١٢	٨ر٢٢	٧ر١٧	٨ر٨٧	٦ر١ (يوليو صفر)
نـــــابلى	٣ر٨	٤ر٢٤	١ر١٦	٨ر٩٩	٤ر٨ (يوليو ٣ر١)
أثينـــــا	٩ر٨	٧ر٢٦	١ر١٧	٩ر٣٤	٠ر٤ (يوليو ٩ر٠)

٢ ـ اقليم مناخ غرب أوروبا :

يشمل هذا الاقليم المناخى السواحل الغربية من شبه جزيرة اسكنديناوه ، وكل الجزر البريطانية ، والدنمرك وهولندا وبلجيكا ،ومعظم فرنسا وشمال المانيا وشمال أسبانيا •

ويتميز هذا الاقليم على غيره من أقاليم أوربا المناخية بوضوح المؤثرات المحيطية المطلقة فى كل أجزائه ، وبالتالى فان المدى الحرارى فيه ضئيل ، اذ يبلغ الفرق بين حرارة النهار والليل نحو ١١°م ويزيد على ذلك بعض الشىء فى الداخل • ومتوسط درجات الحرارة فى فصل الصيف بين ١٢° ـ ٢٠°م وتزداد الحرارة كلما اتجهنا نحو الشرق بسبب المؤثرات القارية ، كما تزداد بالاتجاه صوب الجنوب أى بالاقتراب من خط الاستواء •

وحرارة الشتاء على السواحل الغربية معتدلة نوعا اذ تبلغ فى بريست نحو ٧°م • وهى تتناقص عموما بالاتجـاه نحو الشمال (حرارة مـدينة بيرجين فى شهر يناير ١ر١°م) ، وصوب الشرق (متوسط حرارة يناير فى باريس ٤°م) وتتعرض أراضى هذا الاقليم فى فصل الشتاء احيانا لتغيرات جوية قاسية تتسبب فى خفض درجات الحرارة الى الصفر وما دونه خلال عدد من الايام ، ويحدث هـذا حينما يتعرض الاقليم لموجـات من الكتل الهوائية الباردة تغزوه من الشمال ، فتتسبب فى تكوين الصقيع ، وتجمد مياه الأنهار • هذا وينبغى أن نشـير الى أنه على الرغم من أن معـدلات الحرارة فى شهر يناير فى مدينة كباريس مثلا يعلو دائما عن درجة الصفر ، الا أن الصقيع يحدث فى نصف ليالى الشتاء • ومع هذا فانه لا يشك فى أن

هذا النوع المناخى أدفأ وأكثر اعتدالا بكثير من الأنواع المنـاخية الأخرى التى تقع معه فوق نفس العروض ولكن بعبدا نحـو الشرق • ففى باريس يبلغ المتوسط الشهرى ليناير نحو ٤°م ، بينـ يـبط فى ميونخ الى -٢ر٢°م •

ويتميز هذا النوع المناخى أيضا بالتغيرات المناخية الكبيرة بسبب مرور الأعاصير ، وخاصة فى فصل الشتاء حين يكثر ورودها الى أراضى الاقليم بسبب التقاء الهواء البحرى الرطب بالهواء القارى البارد الجـاف أما فى فصل الصيف فيقل الاختلاف بين التيارين البحرى والقارى ، فتضعف قوة الأعاصير ويقل عددها ، وتسود الاقليم حينئذ الرياح الغربية التى يجذبها صوب الشرق نطاق الضغط المنخفض المتركز حينئذ فوق شرق القارة •

لهذا نجد الأحوال الجوية فى هذا الفصل أكثر استقرارا فى غرب أوربا منها فى فصل الشتاء •

وتسقط الأمطار هنـا موزعة توزيعا يكـاد يكون منتظما على فصول السنة • ولكن هنـاك زيادة طفيفة فى كمية الأمطـار السـاقطة فى النصف الشتوى من السنة ، وذلك بسبب كثرة ورود المنخفضات الجـوية وشدة عمقها • وفى كل أراضى هذا الاقليم لا نجد شهرا جافا ، على عكس اقليم البحر المتوسط الذى تتصف بعض محطاته بالجفاف التام فى شهر يوليو •

والأرقام التالية لبعض المحطات المثالية فى هذا الاقليم تعطينا فكرة عن طبيعة هذا النوع من المناخ :

المحطة	حرارة يناير°م	حرارة يونية°م	كمية الأمطار السنوية/سم
بيرجـين	١ر١	٤ر١٤	١٨٥
لنـدن	٩ر٣	٢ر١٧	٥٣
باريس	٨ر٢	٣ر١٨	٥٠

٣ ـ اقليم مناخ وسط أوروبا :

يشمل هذا النوع من المناخ أراضى وسط وشرق فرنسا ، وألمانيا فيما عدا شمالها ، وسويسرا ، وغرب بولندا ، وأراضى نهر الدانوب الأوسط • وسهل لومبارديا • وهو مناخ انتقالى معتدل بارد نوعا ، ينشأ من اختلاط المؤثرات المحيطية التى تقل نسبيا بسبب البعد عن المحيط الأطلسى بالمؤثرات القارية التى تزداد وضوحا •

وعلى الرغم من ارتفاع درجات الحرارة فى فصل الصيف ، فاننا نجد أن درجات الحرارة فى الشتاء قد تهبط الى ما دون درجة التجمد فى شهرى يناير وفبراير • والواقع أن جميع أشهر الصيف حارة ، اذ يتجاوز المتوسط

الحرارى لكل منها ١٨°م ، وترتفع درجات الحرارة كثيرا عن هذا القدر أثناء فترات النهار اذ تفوق أحيانا درجة الأربعين ، بينما تهبط فى ليالى الشتاء الى ما دون الصفر ببضع درجات • ولهذا فاننا نجـد أن المدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير •

وتسقط الأمطار فى اقليم وسط أوربا طول السنة ، ولكنها تزداد فى فصل الصيف • وكمية الأمطار ليست كبيرة ، ويقلل من تأثيرها الفعلى أن قسما كبيرا منها يسقط فى أيام الصيف الحارة حين تعظم عمليات التبخر ، والمطر يسقط حينئذ انقلابيا ، وعلى فترات بشكل منهمر ، ويصحبه فى العادة رعد وبرق • وتبلغ كميته السنوية نحو ٦٠ سم ، ولكنها تزداد فتناهز المائة فى سهل لومباردیا الذى يتأثر بنوع مناخ البحر المتوسط (ميلانو ٩٩ر٥ سم) • أما فى فصل الشتاء فان التساقط يصبح من النوع الاعصارى ، وهو يهبط الى الأرض فى شكل رذاذ أو فى هيئة ثلج • وعلى الرغم من أنه ينزل فى موسم موات بالنسبة للنبات ، فان له قيمة كبيرة فى ترطيب التربة استعداد لزراعة الربيع والصيف حين يكثر الفاقد عن طريق التبخر •

والجدول التالى يحوى أرقاما لمعدلات الحرارة والتساقط فى ثلاث مدن مثالية للاقليم •

المدينة	حرارة يناير°م	حرارة يوليو°م	المتوسط السنوى°م	كمية الامطار السنوية/سم	كمية الامطار فى الصيف/سم
برلــــــين	-١ر١	١٨ر٩	٩ر٤	٥٠	٢٨
بلغـــــراد	-٧ر١	٢٢ر٢	١١ر١	٥٤	٣٢
بوخـــارست	-٨ر٢	٢٢ر٨	١١ر٣	٥٨ر٣	٣٥ر٥

٤ ـ اقليم مناخ شرق أوروبا :

ويعرف أيضا بالمناخ القارى المعتدل البارد • وهو يتمثل فى جنوب اسكنديناوه ، وشرق بولندا وتشيكوسلوفاكيا ، وفى رومانيا وبلغاريا ، وفى روسيا جنوب لننجراد •

وهنا يشتد برد الشتاء اذ يهبط المتوسط الحرارى الى مادون الصفر • ويبلغ عدد الأشهر التى يهبط خلالها المتوسط الحرارى عن الصفر ثلاثة فى وارسو (من ديسمبر الى فبراير) ، وخمسة فى كل من موسكو ولننجراد (من نوفمبر الى مارس) • ويعزى هذا الهبوط الكبير فى درجات الحرارة أثناء موسم الشـتاء الى قصر فترة الاشعاع الشمسى أثناء النهـار ، والى تعرض أراضى الاقليم لغزوات الكتل الهوائية القارسة البرودة من الشمال والشرق ، كما يرجع الى التبريد الذى يحدثه تراكم الجليد بسمك كبير على

الأرض الباردة . اما الصيف فهو حار ، نظرا لطول فترة الاشعاع الشمسى التى تبلغ نحو ١٧ ساعة يوميا . وتشتد الحرارة خصوصا حينما يتعرض الاقليم لغزوات الموجات الهوائية الساخنة التى تأتيه من آسيا . والمدى الحرارى السنوى كبير يبلغ نحو ٣٦٫٧°م ، فى مدينة شكالوف على سبيل المثال (حرارتها فى يناير ـ ١٥٫٦°م ، وفى يوليو ٢١٫١°م) .

وتسقط معظم الأمطار فوق هذا الاقليم فى فصل الصيف ، وتبلغ أقصاها فى شهرى يونيو ويوليو ، ومعظمها أمطار انقلابية ، بعضها اعصارى وتضاريسى . وتقل الأمطار كلما اتجهنا نحو الشرق والجنوب الشرقى . ونادرا ما تزيد الكمية السنوية على ٥٥ سم ، الا حيثما وجدت المرتفعات (مطر تضاريسى) ، يسقط منها فى أشهر الصيف الثلاثة نحو ٤٠٪ وفى اشهر الشتاء نحو ١٧٪ . أما الأراضى التى تقع دون منسوب البحر الى الشمال من بحر قزوين ، فتتصف بظروف مناخ صحراوى ، حيث لا يسقط عليها من المطر سنويا سوى نحو ١٣ سم .

والأرقام التالية لمعدلات الحرارة والتساقط فى ثلاث مدن يدخل ضمن اطارها هذا النوع المناخى :

المدينة	حرارة يناير°م	حرارة يوليو°م	المتوسط السنوى°م	كمية الامطار السنوية/سم	فى الصيف/سم
وارسو	ـ٣٫٣	١٨٫٩	٧٫٨	٥٥٫٣	٣٨٫٩
لننجراد	ـ٨٫٧	١٧٫٢	٣٫٩	٤٨٫٣	٢٨٫٦
موسكو	ـ ١١	١٨٫٩	٣٫٩	٥٢٫٢	٣٢٫٩

٥ ـ اقليم المناخ البارد فى شمال شرق أوروبا :

الى الجنوب من اقليم مناخ التندرا ، والى الشرق من شبه جزيرة اسكنديناوه . يمتد نطاق المناخ البارد من منحدرات السويد عبر كتلة الدرع البلطى الى شمال روسيا .

ويتميز بشتاء طويل مظلم قارس البرد ، فيه تهبط درجات الحرارة الى أقل من ست درجات مئوية تحت الصفر . وتنخفض الى أدنى من ذلك كلما اتجهنا صوب الشرق والشمال .

ففى مدينة أوسلو عاصمة النرويج يبلغ متوسط درجة حرارة شهر يناير ـ٤٫٤°م ، وفى هلسنكى عاصمة فنلندا ـ٧٫٦°م ، وفى لننجراد الواقعة على حافة الاقاليم الجنوبية ـ٩٫٤°م ، وفى أركانجل ـ١٣٫٢°م وترتفع الحرارة فى الصيف معدلها فى أشهره الثلاثة الى نحو ١٣°م ، بينما يبلغ متوسط أحر الشهور نحو ١٦°م ، وتسقط معظم الأمطار فى النصف الصيفى من السنة ،

والتساقط فى الشتاء قليل وهو ينزل فى هيئة ثلج ، ولا تزيد كمية التساقط السنوية عادة على ٤٥ سم .

٦ ـ اقليم مناخ التندرا :

يشمل هذا الاقليم القسم الشمالى الأقصى من روسيا وفنلندا واسكنديناوه. كما يشمل أعالى مرتفعات اسكنديناوه حيث يمتد جنوبا فى شريط ضيق فوق حافة كيولين Kjolen ، ويتمثل ايضا فى جزيرة أيسلند وفى بعض الجزر الأوربية فى المحيط المتجمد الشمالى .

شتاء هذا النوع المناخى طويل قارس البروده . ويبلغ طول الفصل البارد تسعة شهور أو عشرة ، وفيه تنخفض درجات الحرارة الى حوالى الصفر وما دونه . ففى بلدة فاردو Vardo (تقع فى شمال شرق النرويج على خط عرض ٧٠° شمالا) ينخفض معدل حرارة اشهر الشتاء الثلاثة الى مادون -٥°م وفى فايجاتس الواقعة على نفس خط العرض لكن بعيدا فى الشرق يهبط المتوسط الى -١٧°م ، وفى جزيرة اسبتسبيرجين Spitsbergen الى نحو -١٨°م . وفى خلال فصل الصيف القصير ترتفع درجات الحرارة ، ولا يزيد معدلها فى أحر الشهور عن عشر درجات مئوية ،ولا يقل عن الصفر ، فخط الحرارة ١٠°م يمثل الفاصل بين نطاق نمو الغابات الصنوبرية الى الجنوب منه ، ونطاق حشائش التندرا الى الشمال منه ، أما خط الصفر المئوى فيمثل الحد الفاصل بين اقليم التندرا ونطاق الجليد الدائم .

وتختلف أراضى التندرا فيما بينها بحسب موقعها وتأثرها بالمؤثرات القارية أو البحرية . ففى بلدة فاردو Vardo التى تقع شمال شرق النرويج يبلغ المعدل الحرارى فى شهرى يوليو وأغسطس حوالى ٩°م . وفى النصف الصيفى من السنة يظل معدل درجات الحرارة فوق الصفر المئوى ، ويرجع سبب ذلك الى أن هذه المنطقة ما تزال تتأثر بالمؤثرات المحيطية وبتيار الخليج . وكلما توغلنا نحو الشرق كلما انخفضت درجات الحرارة فى البلدان الواقعة على نفس خط العرض (٧٠ درجة شمالا) ، فلا تكاد تصل الى ٦°م فى شهرى يوليو وأغسطس وذلك حين تسود المؤثرات القارية ، وتتلاشى المؤثرات البحرية .

وتختلف كمية التساقط من مكان لآخر بحسب الموقع ، وقرب المكان أو بعده عن المؤثرات البحرية ، وهى عموما لا تزيد على ٣٠ سم فى السنة ، ومعظمها يسقط على هيئة ثلج ؛ ويزداد التساقط صيفا فى الأجزاء الداخلية من الاقليم ، أما الأجزاء الساحلية التى تتأثر باعاصير الشتاء ، فيكثر عليها التساقط فى ذلك الفصل من السنة .

الفصل السادس عشر

المناخ والأقاليم المناخية بقارة آسيا

- العوامل التى تؤثر فى مناخ القارة .
- أحوال المناخ فى فصل الشتاء .
- الظاهرات المناخية فى فصل الصيف .
- الأعاصير الشتوية .
- الأعاصير الصيفية .
- أعاصير البنغال الصيفية .
- إعاصير الطقس الحار فى الربيع .

أقاليم آسيا المناخية

١ ـ اقليم المناخ الاستوائى
٢ ـ الاقليم الموسمى المدارى .
٣ ـ اقليم المناخ الصينى
٤ ـ اقليم مناخ شمال الصين ومنشوريا
٥ ـ اقليم البحر المتوسط
٦ ـ اقليم مناخ الصحارى الحارة .
٧ ـ اقليم مناخ الصحارى المعتدلة
٨ ـ آقليم المناخ المعتدل البارد .
٩ ـ اقليم المناخ القارى البارد
١٠ ـ اقليم التندرا .

العوامل التى تؤثر فى مناخ القارة :

يتحكم فى مناخ آسيا عاملان رئيسيان هما :- مساحة القارة ، وقلبها الذى تشغله المرتفعات والهضاب .

ونظرا لاتساع القارة ، وعظم مساحتها ، ووقوع اليابس الأوربى الى الغرب منها ، نجد أن قلب القارة يبعد عن اقرب البحار اليه بنحو ٢٤٠٠كم ، وهذه صفة لا نجدها فى أية قارة أخرى ، ومن ثم فاننا نجد أن آسيا تتميز بالتطرف المناخى الشديد .

ويبدو أن شكال السطح فى القارة لها اثر كبير هى الأخرى فيما تتميز به من ظاهرات مناخية . فالسلاسل الجبلية التى تكتنف الهضاب الوسطى ، تمنع المؤثرات المناخية من الوصول الى داخلية القارة . كما أن امتداد المرتفعات والهضاب بلا انقطاع من اقصى غربها فى آسيا الصغرى ، الى أقصى الشمال الشرقى ، يمثل حاجزا يعرقل نفاذ المؤثرات المناخية من الجنوب الى الشمال أو بالعكس . لهذا يكون الشتاء شديد البرودة فى الأراضى التى تقع شمال ذلك الحاجز ، حتى أننا نجد أبرد بقعة على سطح الأرض تقع شمال شرق سيبيريا عند الدائرة القطبية . ونلاحظ عكس ذلك فى الجانب الجنوبى من تلك المرتفعات ، التى لا تنفذ اليه المؤثرات القطبية . ففى شمال الهند تشتد الحرارة صيفا ، ويسجل الترمومتر درجات حرارية عالية تناهز مثيلاتها فى أحر جهات الأرض .

أحوال المناخ فى فصل الشتاء :

حينما تنتقل الشمس جنوبا فى فصل الشتاء ، تصبح الأجزاء الداخلية من آسيا مخزنا لكتل من الهواء البارد الثقيل الجاف ، وتنخفض درجات الحرارة انخفاضا كبيرا . ويتركز على القارة حينئذ نطاق هائل من الضغط المرتفع ، تخرج منه تيارات هوائية تتشعب فى كل الاتجاهات على شكل رياح باردة جافة ، وغالبا ما تتسم تلك الرياح الباردة بالبرودة القارصة ، وبالقوة والاستمرار . وبينما تجد هذه الرياح الباردة الجافة منافذ لها نحو الغرب الى قارة أوروبا ، ونحو الشرق الى منشوريا والصين الشمالية ، فان مرتفعات الهيمالايا ، وامتدادها من الغرب الى الشرق يمنع وصولها الى الهند .

وفى جنوب شرق آسيا والجزر المحيطة به ، لا يؤثر تغير الفصل كثيرا على اختلاف درجات الحرارة هناك.فهذه المناطق تقع فى النطاق الاستوائى أو بالقرب منه ، حيث لا تظهر منحنيات متوسطات الحرارة اختلافا كبيرا من شهر لآخر . وفى الجهات الاستوائية يتراوح المتوسط السنوى لدرجة الحرارة حول ٢٧° مئوية ، كما يبدو المدى الحرارى السنوى قليلا ، اذ لا يزيد فى سنغافورة مثلا على ٥ر١° مئوية .

وتنطبق نفس الحالة على جنوب الهند حتى كلكتا شمالا . الا اننا نلاحظ أن المدى الحرارى يزداد فيصل الى ٥ر٥°م فى معظم محطات الجزء الشمالى من هضبة الدكن ، وعلى العموم نجد أن الهند ، وجنوب شرق آسيا ، وبعض جهات جنوب غربى آسيا كلها مناطق محمية من الرياح الباردة الهابة من وسط آسيا فى فصل الشتاء ، وذلك بسبب امتداد الحاجز الجبلى فى شمال هذه المناطق .

وفى شبه الجزيرة العربية ، نلاحظ انه على الرغم من الاختلاف القليل نسبيا لمتوسطات درجة الحرارة ، فان الاختلاف اليومى لدرجات الحرارة يصبح أشد وضوحا ، وتكون له أهمية عظيمة ، وذلك بسبب ظاهرة الجفاف التى تميز شبه الجزيرة العربية ، وبالتالى خلوها من السحب ، الأمر الذى يرفع درجات الحرارة نهارا ، ويخفضها ليلا .

وهناك أجزاء من جنوب غرب آسيا تمتد منها السنة من الهواء الرطب من منطقة البحر المتوسط كسوريا وشمال العراق .ومن ثم تميزت هذه الجهات بشتاء أكثر اعتدالا من مناطق أخرى تقع على نفس خطوط العرض فى شرقى آسيا ، خاصة شمال الصين القارس البرودة فى فصل الشتاء .

وتبدو المناطق الداخلية من آسيا منعزلة وجافة ، وذلك بسبب المسافات العظيمة والحواجز الجبلية التى تفصلها عن تأثير البحار والمحيطات ، وكذلك بسبب الاختلافات الكبيرة فى درجات الحرارة ـ فصلية كانت أم يومية ـ وهنا تتمثل ظاهرة القارية والتطرف فى أشد صورها ، وتنسحب نفس هذه الخصائص على كل صحارى العروض الوسطى فى آسيا بوجه عام.

ويظهر هذا واضحا فى مثال مدينة «أولان باتور» عاصمة جمهورية منغوليا الشعبية ، حيث يبلغ المتوسط الحرارى لشهر يوليو ١٧° مئوية ، بينما ينخفض هذا المتوسط الى ناقص ٥ر١٨°م (أى ٥ر١٨°م تحت الصفر) فى شهر يناير ، هذا بالاضافة الى أن درجة الحرارة تظل منخفضة عن الصفر المئوى لفترة ستة شهور متتالية (نصف السنة الشتوى) .

وفى شرق آسيا ، تختلف متوسطات الحرارة أساسا تبعا لموقع الاقليم بالنسبة لخطوط العرض . ومع ذلك يبدو متوسط المدى السنوى لدرجات الحرارة كبيرا فى الصين ، بسبب برودة الرياح الموسمية الشتوية . ويمكن ان نلاحظ قسوة الشتاء فى شمال الصين من مثال درجات الحرارة فى مدينة بكين الواقعة على دائرة عرض ٥٤° شمالا . ففى شهور الشتاء (ديسمبر ويناير وفبراير) ينخفض متوسط درجة الحرارة الى ماتحت الصفر المئوى بينما يبلغ متوسط الحرارة فى شهر يولية ٥ر٢٦° مئوية ؛ ويؤدى هبوب الرياح الموسمية الشتوية على جنوب الصين الى سيادة الطقس البارد هناك، وان كان امتداد سلسلة جبال «تسنلنج» ، من الغرب الى الشرق ، يحمى وادى نهر اليانجتسى من هذا الطقس البارد .

وتختلف درجات الحرارة تبعا لارتفاع السطح ، ففى هضبة «التبت» التى يزيد ارتفاع سطحها على أربعة آلاف متر فوق سطح البحر ، نلاحظ أنه نادرا ما يزيد متوسط الحرارة الشهرية على ١٥° مئوية . بينما يظل هذا المتوسط الشهرى تحت درجة الصفر المئوى لمدة شهرين أو ثلاثة شهور. ولهذا كان شتاء هضبة التبت قارس البرودة . بينما يتصف صيفها بالاعتدال بوجه عـــام .

ونلاحظ انه حتى فى الأراضى القليلة الارتفاع نسبيا ، تنخفض درجات الحرارة كثيرا عن مثيلاتها فى الأراضى السهلية الساحلية . ولهذا نجـد فى جنوب آسيا كثيرا من المحلات العمرانية الواقعة فوق التلال التى تستخدم كمصايف جبلية ، كما فى الهند وفى جزيرة جاوة .

وبينما نجد قارة أوروبا تقع شتاء فى مهب الرياح الغربية وأعاصيرها ، نجد القارة الآسيوية وقد حرمت من تاثيرات تلك الرياح ، وذلك بسبب نطاق الضغط المرتفع العظيم المتركز فوقها ، الذى يعوق تقدم الرياح الغربية نحو الشرق . ولكن يحـدث أحيانا أن تنحرف بعض الأعاصـير ، وتتجه شمالا ، وتتسبب فى سقوط الثلوج على شمال غرب سيبيريا ، كما يحدث احيانا أيضا أن تتمكن الأعاصير من التوغل شرقا ، وتستطيع الوصول الى بلوخستان واقليم البنجاب ، فتسبب سقوط بعض الأمطار .

أما الرياح التى تهب من قلب القارة فهى جافة كما سبق القول ، ولكنها حين تمر ببعض المسطحات المائية تلتقط بعض الرطوبة ، وتسقطها مطرا ، كما هو الحال فوق اليابان ، وفى وسط وجنـوب الصين ، وساحل الهنـد الصينية ، وفى جزر الفلبين وجزيرة سيلان . أما جزر أندونيسيا فتسقط عليها الأمطار طوال العام ، نظرا لأنها تقع فى نطاق المناخ الاستوائى .

وبناء على ما سبق يمكن القول بأن قارة آسيا فى فصل الشتاء جافة فيمـا عـدا :

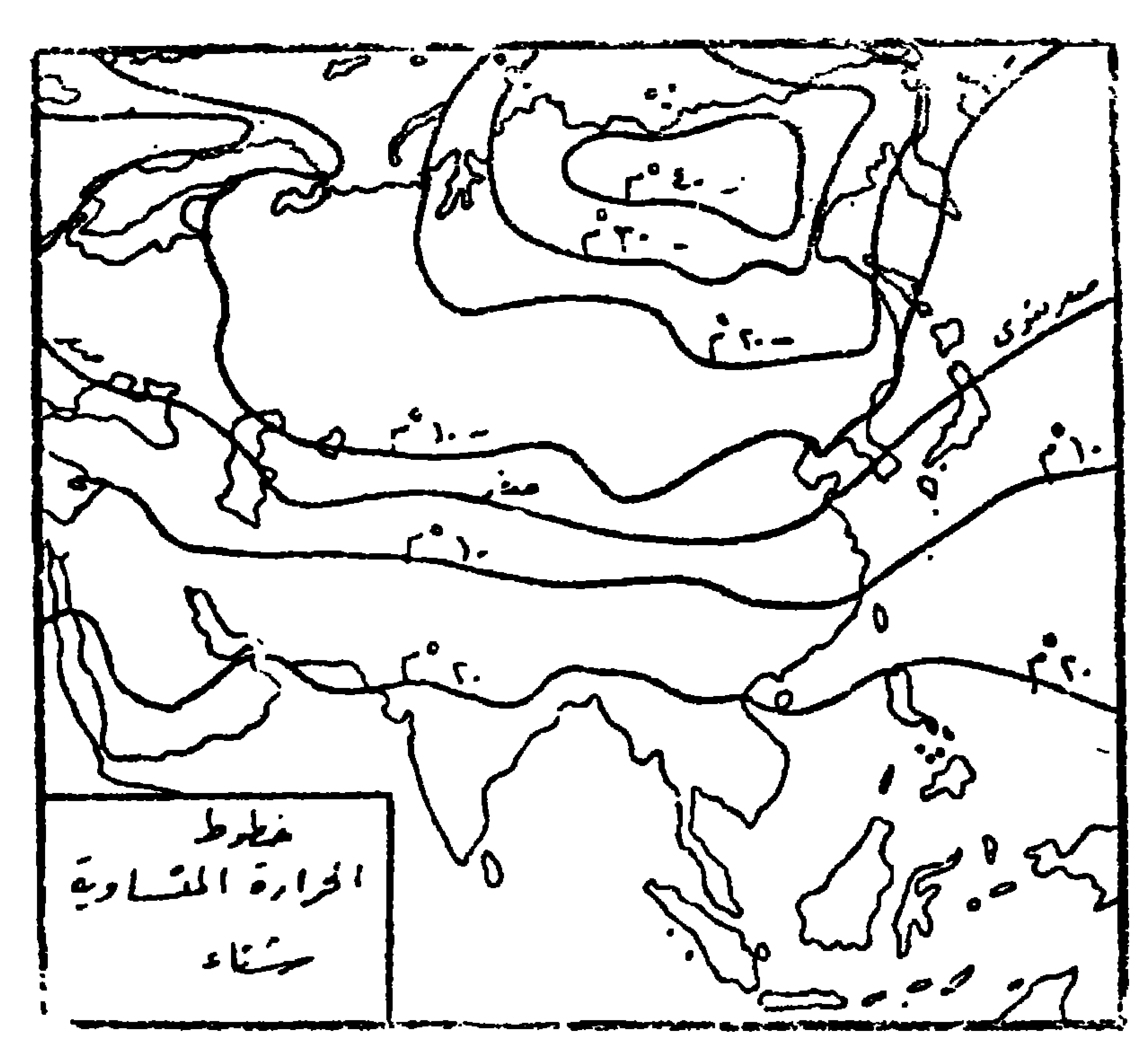
١ ـ شمال غرب سيبـيريا ، حيث يسـقط الثلج بسبب ورود بعض أعاصير الرياح الغربية الرطبة .

٢ ـ آسيا الصغرى وجنوب غرب آسيا وايران وبلوخستان وافغانستان وشمال غرب الهند ، حيث يسقط المطر القليل بسبب استطاعة بعض أعاصير الرياح الغربية الوصول الى تلك الجهات .

٣ ـ ساحل «مـدراس» وجزيرة سيلان ، حيث يسـقط المطر بسبب الرياح الشـمالية الشرقية الموسمية التى تهب من قلب القارة ، ثم تتشـبع بالرطوبة عند اجتيازها خليج بنغال .

٤ ـ جزر اندونيسيا ، حيث المطر طول العام بسبب وقوعها ضمن النطاق الاستوائى .

٥ ـ بعض السواحل الشرقية للقارة ، التى تتاثر بالمؤثرات المحيطية فيسقط عليها المطر الشتوى .



شكل رقم (٩٧) آسيا : الحرارة شتاء

الظاهرات المناخية فى فصل الصيف :

حينما يحل فصل الصيف تسخن الأرض،فيضمحل نطاق الضغط المرتفع ويتلاشى ، وتحل محله مناطق من الضغط المنخفض ، تبدو متفرقة منفصلة فى البداية ، ثم لا تلبث أن تتصل مكونة نطاقا عظيما متحدا ، يمتد من شبه الجزيرة العربية وبلوخستان وشمال غرب الهند فهضبة التبت •

وينبغى أن نلاحظ أن ارتفاع حرارة سطح الأرض ، وتكوين مناطق الضغوط المنخفضة يحدث تدريجيا • ففى أثناء شهور الربيع تضعف الرياح التى تهب من داخلية القارة شيئا فشيئا ، وتقابلها رياح أخرى ضعيفة غير منتظمة ، تهب على كثير من مناطق القارة ، ثم لا تلبث الرياح الموسمية أن تهب فجاة وبشدة ، وخاصة على الهند ، حيث يجذبها نطاق الضغط المنخفض العميق المتركز على اقليم البنجاب فى شمال غرب الهند •

وتصل هذه الرياح فى أواخر أبريل الى جزيرة سيلان ، وجنوب الهند كرياح جنوبية غربية ، وتستمر حتى شهر أكتوبر • وكلما اتجهنا شمالا فى الهند ، يتأخر تاريخ هبوب الرياح الموسمية الصيفية ، أذ تصل عادة الى «بمباى» فى حوالى اليوم الخامس من شهر يونية • وفى منتصف يونية يصل فرع آخر منها فى خليج البنغال الى كلكتا • وقد تعبر بعض هذه الرياح جبال الهيمالايا مسببة سقوط أمطار غزيرة فى جنوب شرق التبت ، حيث تستقبل «لاسا» عاصمة التبت نحو ١٢٠ سم من المطر سنويا • ولكن معظم هذه الرياح ينحنى بسبب امتداد جبال الهيمالايا ، وتواصل بسبب ذلك سيرها على طول سهول نهر الكانج نحو منطقة الضغط المنخفض فى اقليم نهر السند ، وتصل الى مدينة نيودلهى قبل بداية شهر يولية •

أما الرياح الموسمية التى تهب على الصين واليابان ، فهى أقل قوة واندفاعا ، اذ أن نطاق الضغط المنخفض الذى يتركز فوق الهضاب الوسطى العالية هو فى الواقع نطاق منحل ، أقل عمقا بكثير من مثيله فى شمال غرب الهند ، وبالتالى اضعف منه فى قدرته على جذب الرياح •

ويبدو هبوب الرياح الموسمية فى جنوب الصين فى شهر مايو ، ولكن هذه البداية لا تكون فجائية كما هو الحال فى جنوب الهند • كما أن الأمطار هنا فى الصين أقل غزارة منها فى الهند • ذلك أن الرياح الهابة على جنوب الصين تكون قد فقدت بعض رطوبتها فوق جزر اندونيسيا والفلبين فأراضى الصين الهندية • وحينما تصل هذه الرياح الموسمية الى بكين تكون قد فقدت معظم رطوبتها (أمطار بكين السنوية نحو ٦٥ سم) • ولهذا السبب ظهرت ونشأت صحراء جوبى التى تقع على مسافة نحو ٣٠٠ كم شمال غرب بكين •

وفى أواخر سبتمبر وأوائل أكتوبر تكـون أمطار الرياح المـوسمية قد انتهت فى شمال الصين ، وفى بورما وشمال الهند • ومن الجدير بالذكر أن الرياح الموسمية الصيفية تعتبر الظاهرة المناخية السائدة • وتحل فى الصيف محل نظام التقاء الكتل الهوائية فى النطاق الاستوائى لفترة مداها نصف شهور السنة • وهى تـؤدى الى سقوط المطر فوق كل الجبهة التى تعترق طريق هبـوبها •

الأعاصير الشتوية والصيفية والربيعية :

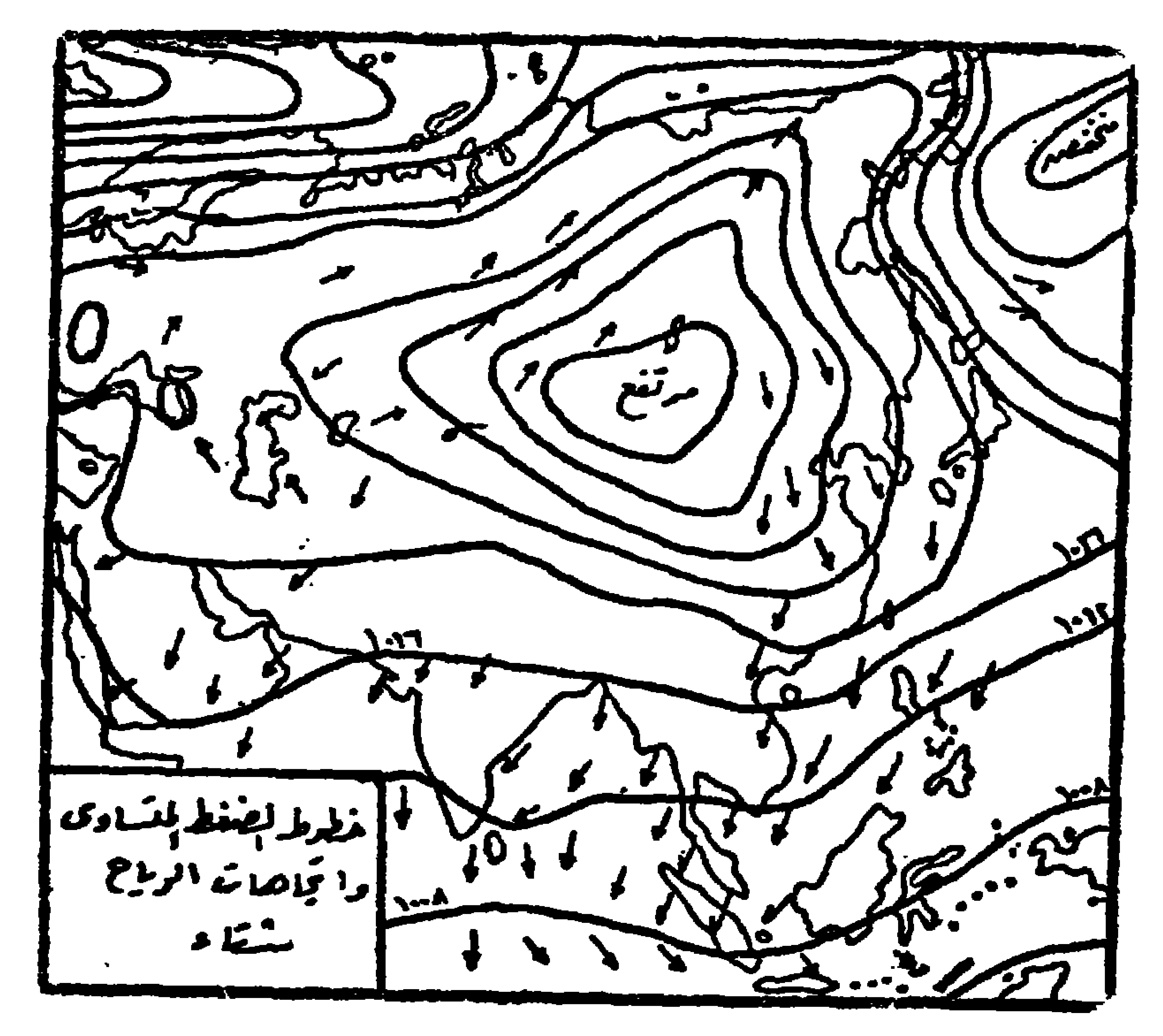
يصح هنا أن نفرد دراسة خاصة للمنخفضات الجوية التى تؤثر فى مناخ قارة آسيا أو أجزاء منها شتاء وصيفا ، ويكون لها آثار منـاخية وبشرية ذات بـال •

الأعاصير الشتوية :

تصيب هذه الأعاصير ، كما أسلفنا ، منطقة جنوب غرب آسيا ، وبخاصة تركيا وسوريا ولبنان وفلسطين والأردن وشمال العراق ، وايران ومنطقة البنجاب ، ويحدث ذلك فى فصل الشتاء من كل عام •

ففى فصل الشتاء تتكون على مياه البحر المتوسط منطقة من الضغط المنخفض النسبى ، بين نطاق الضغط المرتفع فى الأطلسى الشمالى ، والذى يمتد فى ذلك الوقت فوق الصحراء الكبرى ، وبين منطقة الضغط المرتفع الأوراسى (فوق اليابس الآسيوى والأوروبى) ومن ثم يصبح البحر المتوسط مسلكا للرياح الغربية والأعاصير (المنخفضات الجوية) المرتبطة بها ، والتى تنشأ أساسا فوق مياه المحيط الأطلسى نتيجة تقابل كتل الهواء الباردة من الشمال والدافئة من الجنوب ، ثم تدفعها الريـاح الغربية فى طريقها من الغرب الى الشرق خلال مسلكها فى البحر المتوسط •

كما ينشأ فى نطاق البحر المتوسط نفسه عدد كثير من الأعاصير نتيجة لالتقاء أهوية متفاوتة الحرارة من الشمال ومن الجنوب ، ويحدث ذلك على الخصوص فى منطقة البحر التيرانى والبحر الادريـاتى • ويرتبط سقوط الأمطار فى حوض البحر المتوسط بمرور هذه الأعاصير من الغرب الى الشرق ، واقتحام الهواء البارد لهذه المنخفضات الجوية أو الأعاصير • وتسقط هذه الأعاصير المتجهة شرقا امطارها على السلاسل الجبلية الغربية والجنوبية لتركيا ، وعلى السلاسل الجبلية الواقعة الى الشرق مباشرة من ساحل البحر المتوسط الشرقى فى سورية ولبنان وفلسطين ، وكذلك على هضبة ارمينيا وسلاسل جبال غربى ايران •



شكل رقم (٩٨) آسيا الضغط الجوى والرياح شتاء

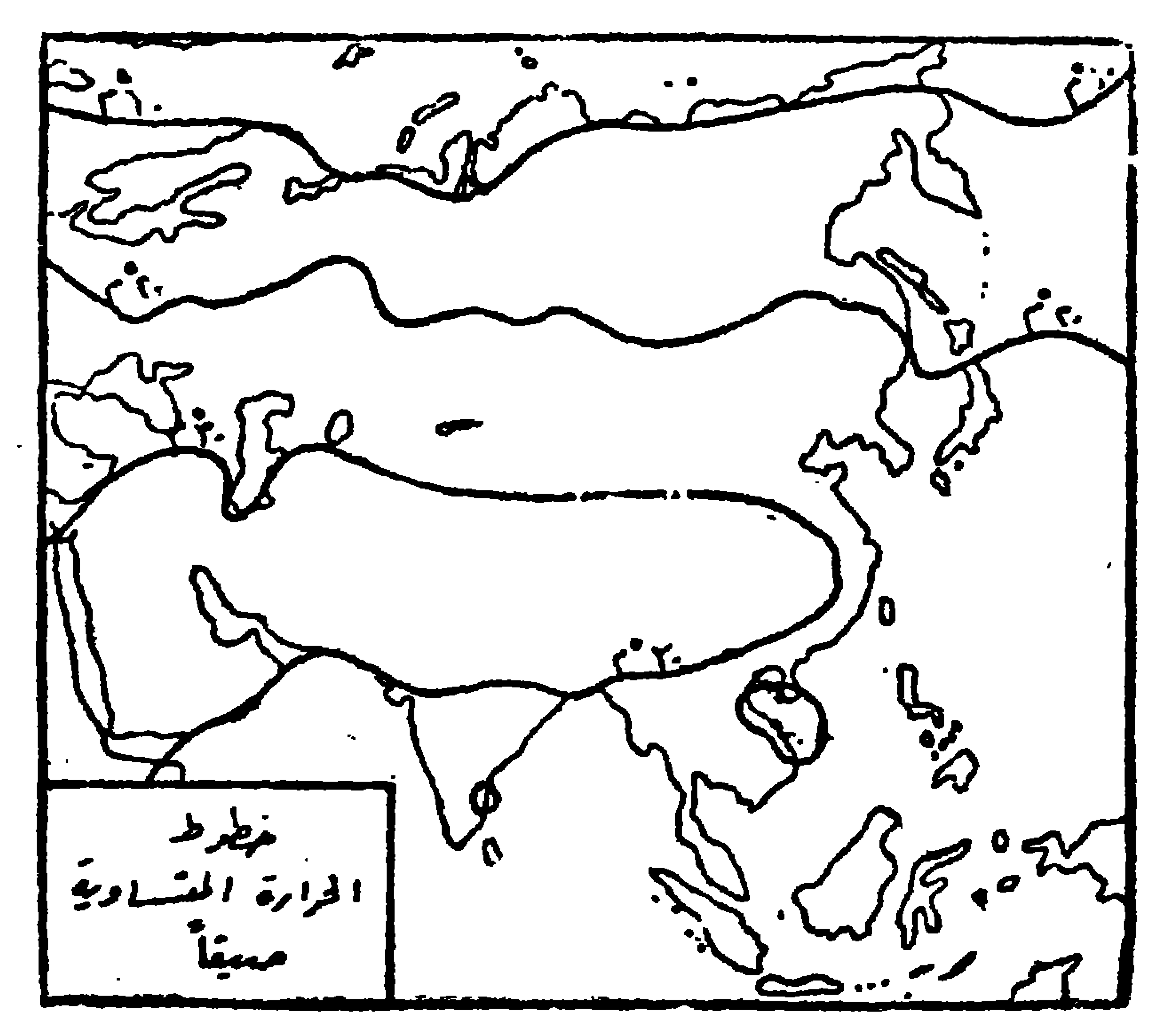
وتتعمق بعض هذه الأعاصير الشتوية شرقا خلال الممرات والفتحات بين الجبال ، فتدخل الى افغانستان ، ومنها الى شمال باكستان ، ثم تتبع مسلكا محددا عبر البنجاب ، وفى النهاية تضعف هذه الأعاصير وتختفى فوق سهول الكانج ، وان كان بعضها ينجح فى الوصول الى حوض نهر براهما بوترا فى شمال شرقى الهند .

ونادرا ما تزيد الأمطار التى تسببها هذه الأعاصير فى شمال باكستان والهند عن خمس الى سبع سنتيمترات فوق السهول ، ولكن هذه الكمية الصغيرة اثبتت انها ذات قيمة كبيرة للزراع فى الفصل المعتدل ، عندما يقل معدل التبخر فى هذه الجهات . أما التلال التى تقع الى الشمال مباشرة من هذه السهول ، فقد تسقط عليها كمية أكبر من المطر تصل أحيانا الى ٢٥سم.

الأعاصير الصيفية :

وتعرف باعاصير التيفون :

واعاصير التيفون ، كاعاصير الهريكان ، هى أعاصير مدارية شديدة عاتية ، وهى ظاهرة ترتبط بنطاق الرياح التجارية . ورغم أنها غير منتظمة



شكل (٩٩) آسيا : الحرارة صيفا

الحدوث ، ولا يتكرر حدوثها كثيرا ، فانها خطيرة جدا ، وتسبب خسائر ضخمة فى الارواح والممتلكات . وتحدث هذه الأعاصير الدوارة فى أى وقت من السنة . ولكنها أكثر ما تحدث فى الفترة الممتدة من أوائل الصيف الى أوائل الخريف ، اى من شهر يونية الى شهر نوفمبر . ويتراوح عدد عواصف التيفون بين ٢٠ ـ ٣٠ عاصفة كل سنة .

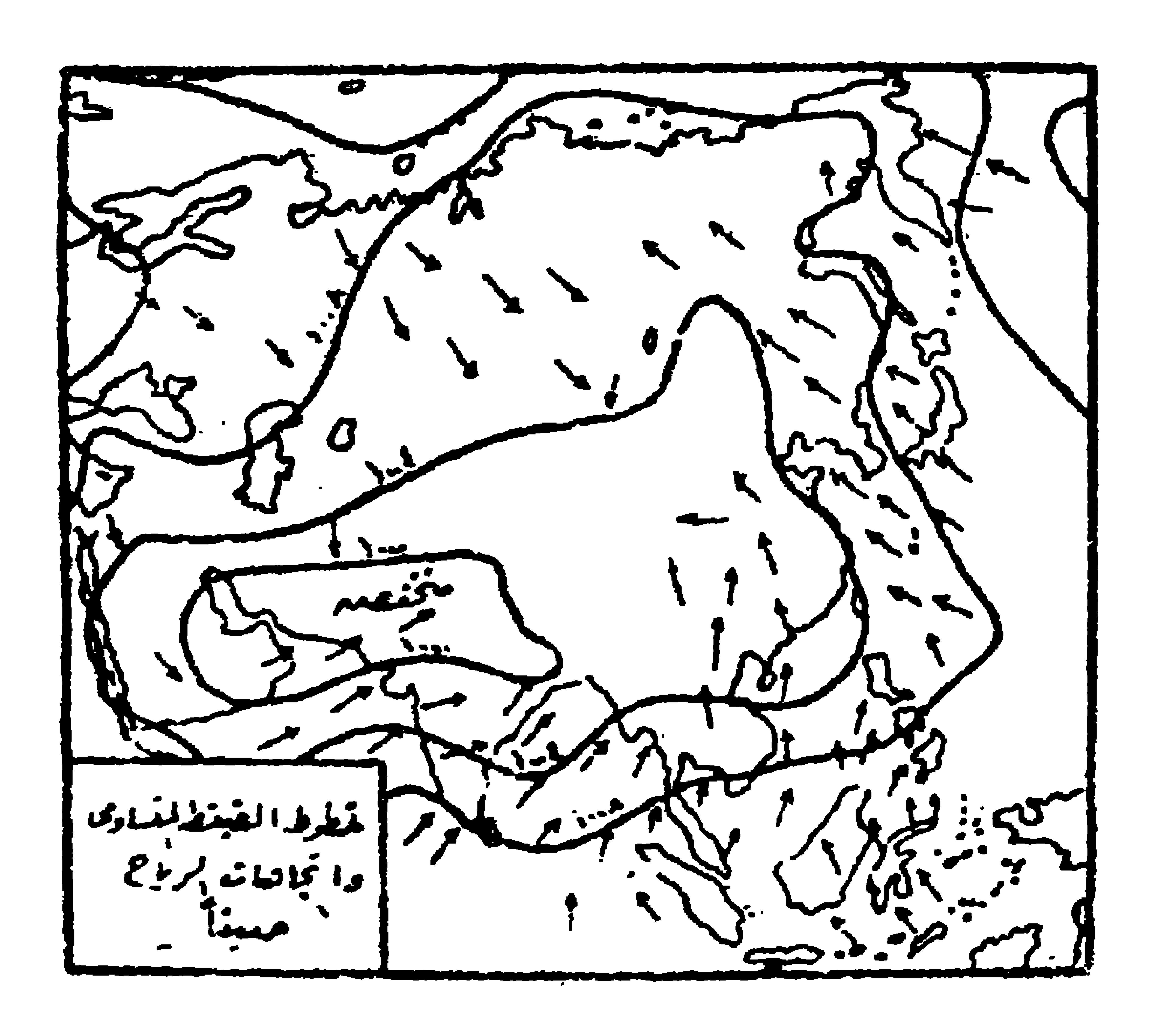
وتتركز هـــذه الاعاصير المدارية أساسا على الجوانب الغـــربية من المحيطات،وتنشأ فى العروض المدارية الدنيا ، وتتجه نحو الغرب أو الشمال الغربى ، وهذا هو المسلك الذى تتخذه عواصف التيفون التى تهب على شرق آسيا ،والتى تضعف شدتها بعدما تعبر ساحل القارة فى اتجاهها نحو الشمال. ويرتبط بهبوب عواصف التيفون سقوط أمطار غزيرة .

وينشأ عن هذه الرياح الشديدة ، التى تزيد سرعتها عادة على ١١٥ كيلو مترا فى الساعة ، وعن الأمطار الغزيرة التى تصحبها ، تدمير عظيم فى المناطق التى تقع على مسالك هذه الأعاصير . وتسقط الأمطار المصاحبة لهذه الأعاصير فوق مساحة عظيمة ، وتتوغل فى داخل جنوب الصين مسافة تزيد على ٣٠٠ كم .

وتتحرك أعاصير التيفون فى طريقها غربا الى الفلبين ، ثم تصل الى الساحل الجنوبى الشرقى للصين فى مسالك منحنية ، بعضها يتجه شمالا بشرق فيصل الى اليابان .

أعاصير البنغال الصيفية :

هناك عواصف من نوع التيفون ، ولكنها تحدث فى خليج البنغال ، وتعرف هناك باسم «الأعاصير» . ويحدث نحو ٢٢ اعصارا منها فى كل سنة، خاصة فى الفترة الممتدة بين شهرى يولية واكتوبر . واثناء هبوب رياح هذه الأعاصير ، قد يضطرب البحر بشدة ، ويحدث أمواجا عالية ، تصطدم بالسواحل ، وتطغى على القرى الشاطئية ، وتدمر محاصيل الحقول الزراعية . ففى أكتوبر من عام ١٩٧٠ على سبيل المثال ، حدث اعصاران من هذه الأعاصير ، واكتسحا أراضى البنغال فى ثلاث مناطق رئيسية منها منطقة «شيتا جونج» ميناء بنجلاديش ، وراح ضحيتهما أكثر من عشرة آلاف نسمة .

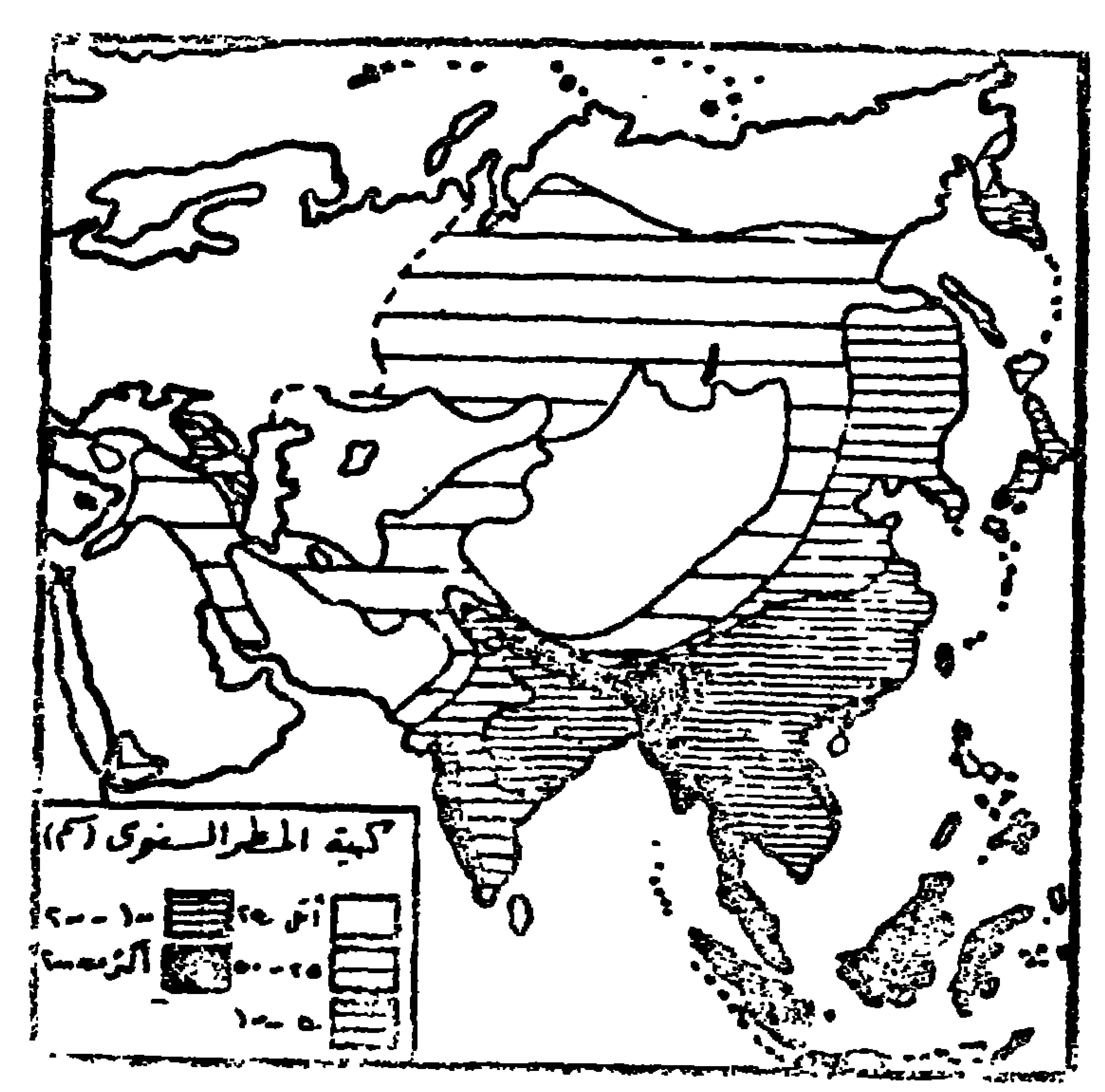


شكل رقم (١٠٠) آسيا : الضغط الجوى والرياح صيفا

أعاصير الطقس الحار فى الربيع :

يسود الطقس الحـار فى الفترة التى تسبق هبـوب الرياح الموسـمية مباشرة . عندما تنشأ عن انتقال الشمس الظاهرى نحو الشـمال فى أشهر مارس وأبريل ومايو ، حرارة محلية شديدة ، وهواء صاعد ، تنتج عنهما عواصف ترابية شديدة غير ممطرة فى منطقة البنجاب وسهول الكانج .

وهناك عواصف مماثلة لهذه الأعاصير أو المنخفضات الجوية ، تحدث فى منطقة دلتا الكانج واقليم أسام ، تجذب الهواء الرطب من خليج البنغال، وبالتالى تسقط أمطارا غزيرة ، وتكون ذات قيمة عظيمة للزراعة ، التى تحتاج اليها قبل أن يبدأ هبوب الرياح الموسمية الرطبة الممطرة .



شكل رقم (١٠١) آسيا : المطر السنوى

اقاليم آسيا المنـــاخية

يمكن تقسيم آسيا الى الانواع المناخية الآتية :

١ ـ اقليم المنـــاخ الاستوائى :

ويتمثل فى نطاق يمتد على كلا جانبى خط الاستواء بين خطى عرض

٥ درجة شمالا ، و٥ درجة جنوبا ، ويشمل هنا جزر أندونيسيا باستثناء أراضيهـــا الشاهقة الارتفاع ، والجزء الجنوبي من شبه جزيرة الملايو • ويتميز هذا الاقليم بارتفـاع دائم فى درجة الحرارة يستمر طـول العام ، بحيث يندر أن ينخفض معدلها فى أبرد شهور السنة عن ١٨°م ، كما يتميز بصغر مدى التغير السـنوى لدرجة الحرارة ، فالفرق الحرارى السـنوى لا يتجاوز مداه درجتين أو ثلاث درجات مئوية ، وقد ترتب على هذا وذاك انخفاض دائم فى الضغط الجوى ، وهدوء فى حركة الرياح حتى لتظل ساكنة فترات طـويلة •

وترتفع الرطوبة فى هذا الاقليم بسبب كثرة المسطحات المائية ، وشدة التبخر بسبب شدة الحرارة • ويسقط المطر غزيرا فى كل فصول السنة بمعدل لا يقل عن ١٥٠ سم فى السنة • والمطر من النوع الانقلابى ، وهو يتبع فى سقوطه نظاما مألوفا يتكرر من يوم لآخر ، فهو يتساقط فى العادة بعد الظهر بغزارة شديدة مصحوبا ببرق ورعد • وينتهى عند غروب الشمس ، فتنقشع الغيوم وتصفو السماء •

وعلى الرغم من استمرار الامطار ودوامها طوال شهور السنة ، فان لها قمتين ، اذ تزداد الأمطار فى الأشهر التى تعقب تعامد الشمس على خط الاستواء ، أى فى شهرى أبريل ونوفمبر من كل عام •ونظرا للطبيعة الجبلية التى تتميز بها كثير من جزر أندونيسيا فان نوع المطر التضاريسى يساهم بقسط وافر فى كمية الأمطار السـاقطة فوق الجزر الجبلية ، خـاصة على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء •

هذا ويسقط الكثير من المطر على السواحل الشمالية المرتفعة فى فصل الشتاء الشمالى ، نتيجة لهبوب الرياح الموسمية الشتوية التى تاتى من داخلية القارة ، ولكنها تمر على مسطحات مائية دفيئة قبل وصولها الى تلك الأصقاع ، فتحمل كميات كبيرة من بخار الماء ، كما يسقط المطر على السواحل الجنوبية صيفا بسبب هبوب الرياح الموسمية التى تأتى من ناحية الجنوب فى ذلك الفصل •

من هذا نرى أن مناخ جزر اندونيسيا هو مناخ خليط من النوع الاستوائى والنوع الموسمى ، فامطاره دائمة طوال السنة ، شانه فى ذلك شان الاقليم الاستوائى العادى ، ولكنه يختلف عنه من حيث نوع الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة • فالمطر هنا انقلابى وموسمى ، بينما نجد أن أمطار المناخ الاستوائى كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات الصاعدة •

٢ ـ الاقليم الموسمى المدارى :

يتمثل هذا النوع من المناخ أصدق تمثيل فى جنوب وجنوب شرق آسيا، حيث نجده فى الهند وجنوب الصين والهند الصينية وجزر الفلبين . ويختلف مناخ هذا الاقليم عن غيره من أنواع المناخ المدارى الأخرى ، فى أن نظام الرياح التجارية يطرأ عليه بعض التغير فى هذا الاقليم ، بسبب تغير أحوال الضغط الجوى فوق اليابس الآسيوى العظيم الاتساع . ففى فصل الشتاء تكون هذه القارة مركزا لضغط مرتفع تهب منه الرياح الموسمية الشتوية نحو سواحل القارة الشرقية والجنوبية . أما فى فصل الصيف فانها تصبح مركزا لضغط منخفض عميق يجذب اليه الرياح الموسمية الصيفية من المحيط الهندى والمحيط الهادى .

ومما لاشك فيه أن التضاريس وأشكالها واتجاهات امتـدادها ، تؤثر تأثيرا بينا فى كمية الأمطار الساقطة . فحينما تهب الرياح الموسميـة من البحر ، فانها تصطدم بالمرتفعات المتاخمة للساحل، ومن ثم تضطر للصعود ، فتبرد ، وتسقط حمولتها من المياه الغزيرة ، وتشتد غزارة الأمطار بصفة خاصة على السواحل المرتفعة التى تهب عليها عمودية ،كما هى الحال على المنحدرات الغربية لجبال «الغات» الغربية فى غربى الهند وعلى المنحدرات الغربية لجبال «بورما» والملايو .

وقـد سبق أن ذكرنا أن بعض أراضى آسيا التى تدخل فى نطـاق هذا الاقليم الموسمى المدارى ، يصيبها المطر الشتوى أيضا ، كما هى الحال فى الجزء الجنوبى الشرقى من شبه جزيرة الهند ، وفى جزيرة سيلان ، وساحل فيتنام وجزر الفلبين . اذ أن الرياح الموسمية الشمالية الشرقية التى تخرج من قلب القارة فى فصل الشتاء ، تسقط الكثير من المطر فوق تلك الجهات ، لأنها تتحمل بالرطوبة التى تلتقطها أثناء عبورها للمسطحات المائية الدافئة قبل هبوبها على تلك المناطق .

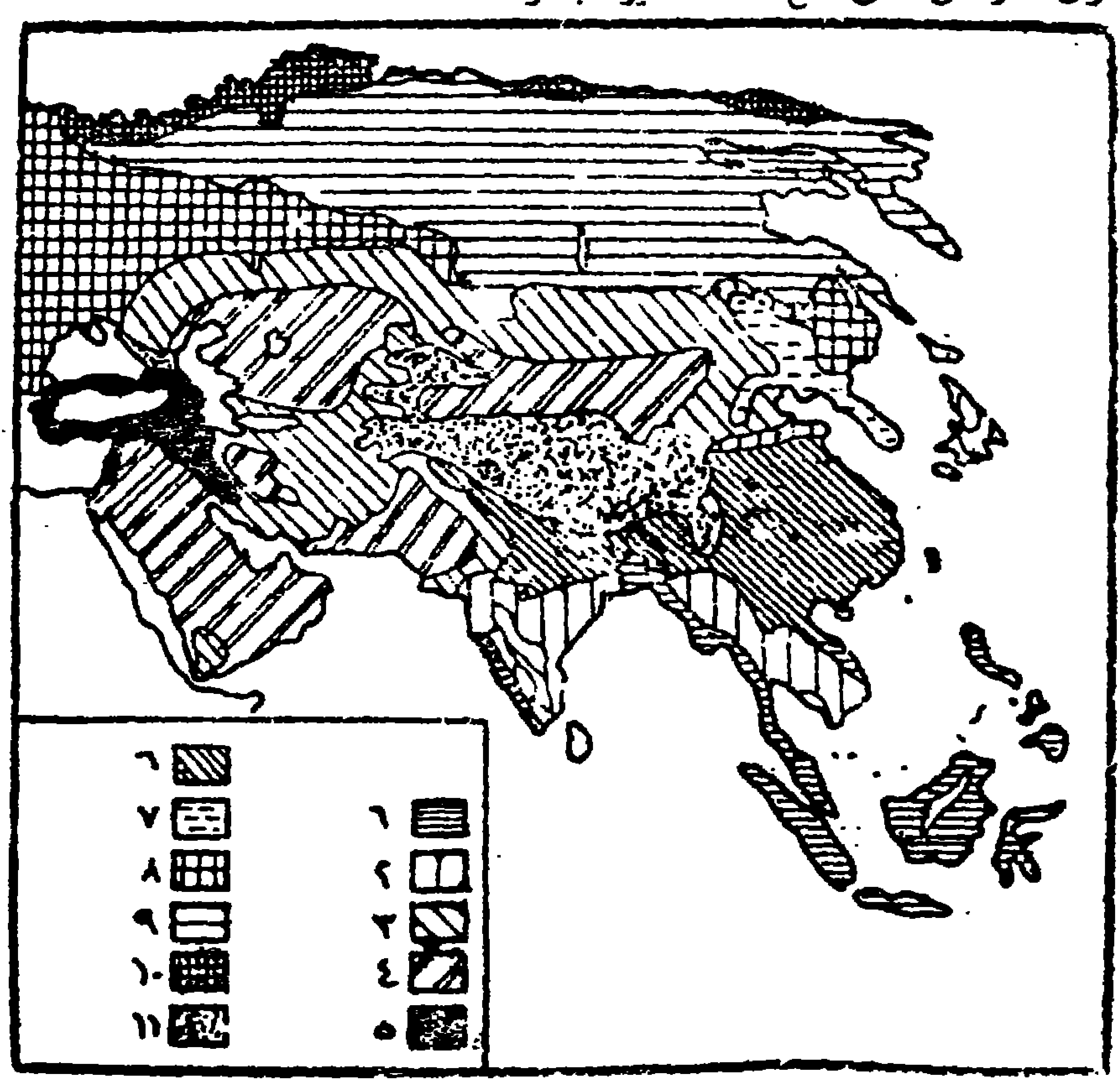
هذا ويمكننا أن نميز ثلاثة فصول فى الاقليم الموسمى المدارى هى :

أ ـ فصل بارد نوعـا : وهو قليل المطر ، ويبـدأ فى شهر نوفمبر ، وينتهى فى أواخر شهر فبراير .

ب ـ فصل حار : وهو عديم المطر ، ويمتد من فبراير الى منتصف شهر يونيو .

جـ ـ فصل مطير : ويمتد من منتصف شهـر يونيو الى أواخر شهـر اكتوبر ،وفيه تلطف الأمطار لحوال الجو ،وتنخفض درجات الحرارة عموما .

هذا ويلاحظ أن أراضى هذا الاقليم التى يقل فيها سقوط الأمطار تشتد حرارتها ، لانها تفتقد عنصر المطر الغزير الملطف للحرارة ، ولهذا يعظم المدى الحرارى فى سهول البنجاب ، بينما يضمحل فى الجهات الرطبة ، وفى الأراضى التى تقع تحت تاثير البحر .



شكل رقم (١٠٢) آسيا : الاقاليم المناخية

اقليم مناخ

١ ـ الغابات المدارية المطيرة .		
٢ ـ الاستبس المدارى .		المناخات المعتدلة الرطبة
٣ ـ السفانا المدارية .		
٤ ـ الجـــاف .		
٥ ـ البحر المتوسط .		المناخات الجافة
٦ ـ شبه المدارى الرطب .		
٧ ـ القارى الرطب ذو الصيف الدافىء .		المناخات
٨ ـ القارى الرطب ذو الصيف البارد .		البـاردة
٩ ـ شبه القطبى .		الرطبـة
١٠ ـ التندرا (المناخ القطبى) .		
١١ ـ الجبـــال .		

ويتميز هذا الاقليم الموسمى بتعرضه لذبذبات كبيرة من كمية الأمطار الساقطة ، وفى طول الفصل المطير من عام لآخر ، اذ يحدث أن تقل الأمطار الساقطة فى سنة من السنين ، فتؤدى الى نقص الغلات الزراعية ، وبالتالى الى قحط ، فتنتشر المجاعات ، كما حدث ويحدث فى الصين والهند ، كما أن سقوط الأمطار بغزارة يترتب عليه تكوين سيول جارفة ، وفيضانات نهرية عارمة ، تهلك الحرث والنسل .

ولما كانت الأمطار تسقط غزيرة ، فانها تتسبب فى تكوين سيول جارفة ، يصعب معها اقامة السدود لخزن المياه ، والاستفادة منها فى أغراض الرى والزراعة ، ولهذا فاننا نجد أن كميات عظيمة من المياه تضيع هباء دون أن يتمكن السكان من الاستفادة منها ، ففى منطقة شيرابونجى فى اقليم أسام على سبيل المثال ، تسقط كميات من الأمطار معدلها فى اليوم الواحد بين ٨٠ و ٩٠ سنتميترا ، ويترتب على هطول الأمطار بهذه الغزارة أضرار أخرى ، اذ تنجرف التربات ، فتعرى الأرض ، وتفقد خصوبتها .

٣ ـ اقليم المناخ الصينى :

ويسمى أيضا باقليم السواحل الشرقية المعتدل الدافىء ، أو بالاقليم الموسمى المعتدل الدافىء . ويتمثل هذا النوع المناخى على الخصوص فى أجزاء واسعة من جنوب الصين وشرقها . ويدخل هذا القسم من شرقى آسيا ضمن نطاق الاقليم الموسمى ، ولكنه يختلف عن المناخ الموسمى فى الهند وجنوب الصين فى أن شتاءه بارد .

ويرجع سقوط المطر هنا فى فصل الصيف ، إلى تركز نطاق الضغط المنخفض فوق قلب آسيا الذى يجذب اليه الرياح الموسمية المحيطية المطيرة. وبينما يحمى نطاق المرتفعات والهضاب الوسطى أراضى الهند من تاثير الرياح الموسمية الشتوية التى تهب من نطاق الضغط المرتفع القارى فى فصل الشتاء ، تفقد الصين مثل هذه الحماية ، ولهذا تنخفض درجات الحرارة فى أراضى هذا الاقليم فى فصل الشتاء الى الصفر أحيانا ، يسقط الثلج أيضا فى هذا الفصل .

ويميز هذا الاقليم أن المدى الحرارى السنوى فيه كبير ، اذ يصل أحيانا الى نحو ٢١°م.ويرجع ازدياد هذا المدى على الخصوص الى برودة الشتاء. هذا ويمكن اتخاذ نهر «اليانجتسى» بمثابة حد فاصل بين الأراضى التى تتميز بمناخ الاقليم الموسمى المعتدل البارد ، والتى تقع فى شماله ، حيث تشتد البرودة فى فصل الشتاء ، وتنخفض الحرارة الى مادون الصفر ، وبين

الأراضى التى تقع فى جنوبه ، والتى تتميز بالمناخ الصينى المعتدل الدافىء ، الذى لا تنخفض فيه درجات الحرارة بحيث تصل الى الصفر .

٤ ـ اقليم مناخ شمال الصين ومنشوريا :

ويسمى أيضا بمناخ الساحل الشرقى المعتدل البارد ، أو المناخ الموسمى المعتدل البارد ، ويسود على الخصوص فى شمال الصين وأراضى كوريا ومنشوريا .

وتتأثر هذه الأراضى فى فصل الصيف بالرياح الموسمية التى تهب عليها من المحيط يجذبها نطاق الضغط المنخفض الذى يتركز فى هذا الفصل فوق قارة آسيا ، فتسقط عليها الأمطار الغزيرة . أما فى فصل الشتاء فيتعرض هذا الاقليم لهبوب الرياح الموسمية الشتوية التى تهب عليه من داخلية القارة ، وهى رياح جافة وقارسة البرودة . فهذا الاقليم اذن معتدل الحرارة ومطير فى فصل الصيف ، وبارد فى فصل الشتاء .

وعلى الرغم من أن اليابان تدخل أيضا ضمن هذا النوع من المناخ ، فانها تتلقى كميات من الأمطار فى فصل الشتاء ، وذلك نظرا لأن الرياح الموسمية الشتوية تمر على بحر اليابان ، فتحمل الرطوبة التى تسقطها مطرا على اليابان ، لذا فهى تختلف عن أراضى شمال الصين ومنشوريا وكوريا بأمطارها الشتوية .

٥ ـ اقليم البحر المتوسط :

يتمثل مناخ البحر المتوسط فى آسيا حول سواحل آسيا الصغرى وسوريا ولبنان وفلسطين . ومناخ البحر المتوسط يسمى أيضا بمناخ سواحل غرب القارات ، اذ أنه يسود عادة فى الجوانب الغربية من كتل اليابس فى نفس العروض تقريبا التى يتمثل فيها مناخ الصين فى شرق القارات .

وأهم ما يميز هذا النوع المناخى ما يأتى :

أولا ـ من ناحية الحرارة :

ترتفع درجة الحرارة فى جميع أنحائه فى فصل الصيف ،بحيث لاينخفض متوسطها فى أى شهر من هذا الفصل عن ١٨°م . أما الشتاء فدفىء ، اذ لا تنخفض متوسطات درجات الحرارة فى أى شهر من شهور الشتاء عادة عن ٦ مئوية .

ثانيا ـ من ناحية المطر :

تسقط الأمطار فى النصف الشتوى من السنة ، أما فصل الصيف فهو

جاف ، وتبدو السماء دائما صافية ، خصوصا فى فصل الصيف حيث لا نجد سحبا تحجب ضوء الشمس ، وتهب على أراضى هذا الاقليم الرياح الغربية فى فصل الشتاء ، وهذه الرياح تصحب معها الأعاصير من المحيط الأطلسى ، كما أن بعض الأعاصير يتكون محليا فى البحـر المتوسط . والمطر معظمه اعصارى ، كما تسقط الأمطار أيضا على السواحل المرتفعة التى تصطدم بها الرياح الرطبة الآتية من البحر .

وتتناقص كمية الأمطار الساقطة كلما اتجهنا من الساحل نحو الداخل أى صوب الشرق . أما فى فصل الصيف فان هذا الاقليم يدخل ضمن نطاق الرياح التجارية الجافة ، التى تهب عليه من داخلية القارة أى من اليابس ، كما أنها تأتى من مناطق أبرد من منطقة البحر المتوسط التى تهب عليها ، وهذا يساعد على خفض رطوبتها النسبة ويجعلها شديدة الجفاف .

٦ ــ اقليم مناخ الصحارى الحارة :

يتمثل هذا النوع من المناخ فى مناطق شاسعة فى القسم الجنوبى الغربى من قارة آسيا ، تلك المناطق التى تقع حول مدار السرطان . وهذه الأراضى بموقعها هذا تخرج عن نطاق المؤثرات الموسمية ، وتاثيرات منـاخ البحر المتـوسط .

ويتميز هذا النوع من المناخ بالتطرف الشديد فى درجات الحرارة . ففى اثناء النهار تلهب الشمس الأرض باشعتها ، فتشتد الحرارة ويعظم القيظ ، وفى الليل يحدث الاشعاع السريع للحرارة نظر لصفاء الجو وخلو السماء من الغيوم ، ولهذا يكون الليل باردا ، ومن ثم يعظم المدى الحرارى اليومى والفصـلى أيضـا .

وتتميز أراضى هذا الاقليم بالجفاف الشديد ، لأنها تقع فى مهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية التى تسقط أمطارها على أراضى شرقى القارة ، وحينما تصلها تكون قد سلبت من كل رطوبتها ، وهكذا تصبح جافة ، اضافة الى أنها صحارى مدارية تقع فى نطاق الهواء الهابط .

٧ ــ اقليم مناخ الصحارى المعتدلة :

ويسمى أيضا اقليم مناخ صحارى العروض الوسطى . ويتمثل هـذا النوع من المناخ فى نطاق عظيم يمتد من سوريا فى الغرب عبر الأردن والعراق وايران وهضاب آسيا حتى مرتفعات خنجان فى الشرق .

ويعتبر امتداد السلاسل الجبلية واحاطتها لتلك الأصقاع عاملا هاما ،

دى الى عزلها ، والى اعاقة المؤثرات المناخيه المحيطية من الوصول اليها. وتتفق الصحارى المعتدلة مع الصحارى الحارة فى عظم المدى الحرارى اليومى والسنوى ، وفى قلة الأمطار . وبعض هذه الصحارى يبدو فى صورة احواض منعزلة محصورة بين السلاسل الجبلية ، ومثلها حوض نهر تاريم. وقد ساعدت المياه التى تنحدر على جوانب المرتفعات على تكوين مجارى مائية ذات تصريف داخلى ، فنشأت حولها الواحات .

ويتركز على هذه الصحارى نطاق من الضغط المرتفع فى فصل الشتاء ، تخرج منه الرياح الباردة الجافة،اما فى الصيف تصبح هذه الصحارى مركزا لضغط منخفض يجذب اليه الرياح التى تصله عادة جافة الا من مطر قليل.

ويتصل مناخ صحارى العروض الوسطى الآسيوية اتصالا واضحا بمناخ الأراضى المحيطة به ، لهذا نجد ان موسم سقوط المطر يختلف من مكان لآخر ، تبعا لاختلاف موسم سقوط الأمطار فى الأقاليم المناخية المجاورة . ففى صحارى غربى آسيا فى سوريا والعراق وايران ، يسقط معظم المطر القليل فى فصل الشتاء ، وذلك لأن هذه الصحارى تتأثر بأعاصير الرياح الغربية التى يكثر ورودها فى هذا الفصل من السنة ، أما الأمطار القليلة التى تسقط فوق صحراء جوبى وصحراء «تكلامكان» فتسقط فى فصل الصيف ، وذلك بسبب تأثير هذه الصحارى بالنوع المناخى السائد فى اقليم حشائش العروض الوسطى الى الغرب منها .

٨ ـ اقليم المناخ المعتدل البارد (مناخ حشائش العروض الوسطى) :

ويتمثل هذا النوع من المناخ فى أراضى غرب سيبيريا ، وفى مناطق الحشائش بمنغوليا.ونظرا لتطرف موقع تلك الأراضى،وبعدها عن البحار. نجدها تعانى من التطرف المناخى الشديد ، ويميزها ايضا انخفاض كمية الرطوبة فى هوائها، وقلة الأمطار نسبيا .

وتنخفض المعدلات الحرارية فى كثير من اشهر الشتاء الى مادون درجة التجمد ، لهذا يتصف هذا الاقليم بشتاء طويل قارس البرودة ، أما الصيف القصير فترتفع فيه درجات الحرارة التى قد تصل الى نحو ٢٠ °م.ويترتب على انخفاض درجات الحرارة فى فصل الشتاء تجمد المياه فى الأنهار . وتسقط الأمطار غالبا فى النصف الصيفى من السنة ، اى فى فصلى الربيع والصيف ، وتتراوح كمية الأمطار الساقطة بين ٢٠و٦٠ سم .

٩ ـ اقليم المناخ القارى البارد :

يتمثل هذا النوع من المناخ فى نطاق عريض عبر الأراضى الشمالية المنخفضة من قارة آسيا .

وتسود أراضى هذا الاقليم برودة شديدة جدا فى فصل الشتاء الطويل ، يترتب عليها تكوين نطاق من الضغط المرتفع ، يمنع وصول المؤثرات البحرية اليه ، سواء من الغرب وهى المؤثرات التى تأتى بها الرياح الغربية من المحيط الأطلسى ، أو من الشرق حيث لا تستطيع الرياح المحيطية الرطبة أن تنفذ اليها . وتنخفض درجات الحرارة فى فصل الشتاء الى مادون درجة التجمد بكثير ، خاصة فى الأجزاء المتطرفة الموقع من هذا الاقليم ، ففى سيبيريا ينخفض المعدل الشهرى للحرارة فى فصل الشتاء فى بعض المناطق الى نحو خمسين درجة مئوية تحت الصفر ، كما هى الحال فى منطقة فرخويانسك التى يطلق عليها اسم «قطب البرودة» .

وصيف هذا الاقليم قصير لكنه معتدل نوعا ، اذ يصل متوسط درجة الحرارة فى شهر يوليو نحو ٤° مئوية ، وأحيانا يصل الى ٦° مئوية أو أكثر .

وأمطار هذا الاقليم قليلة لاتزيد غالبا على ٤٠ سم . وهى تتناقص بالتدريج كلما اتجهنا شرقا ، ويسقط معظمها فى فصل الصيف ، أما التساقط فى فصل الشتاء الطويل فيكون على هيئة ثلج .

١٠ ـ اقليم التنــــدرا :

يمتد هذا الاقليم على السواحل الشمالية من قارة آسيا . والشتاء فى اراضى هذا الاقليم طويل جدا . وهو قارس البرودة ، وتغطى الثلوج الأرض ، كما تتجمد التربة الى عمق كبير . أما الصيف فقصير جدا ، ولكنه بارد نوعا ، وعلى الرغم من أن الشمس فى وسطه تشرق دائما ، الا أنها لا ترتفع كثيرا فوق خط الأفق ، وفى هذا الفصل تذوب الثلــوج من فوق الأرض ، ولكن التربة تبقى متجمدة ، اذ أن حرارة الصيف هنا من الضعف بحيث لاتستطيع أن تؤثر فى ذوبان التربة المتجمدة . وحين يذوب الجليد تتحول مساحات واسعة من الأراضى الى مستنقعات ، لا تلبث أن تتحول الى جليد حين قدوم فصل الشتاء الشديد البرودة .

وفى اقصى شمال القارة ، وفى الجزر التابعة لها ، تبقى الأراضى مغطاة بالجليد طوال السنة . فهنا لا ترتفع الحرارة عن درجة الصفر المئوى فى أى شهر من شهور السنة ، ويطلق على هذا الجزء ، نطاق الجليد الدائم .

الفصل السابع عشر

المناخ والأقاليم المناخية بقارة أفريقيا

- العوامل المؤثرة فى مناخ افريقيا .
- الحرارة صيفا وشتاء .
- الضغط والرياح صيفا وشتاء .
- نظام سقوط المطر وكميته .
- **الأقاليم المناخية :**

أولا : المناخات الحارة :

المناخ الاستوائى ، المناخ الاستوائى فوق المرتفعات ، المناخات المدارية البحرية ، المناخات المدارية القارية ، المناخات المدارية فوق المرتفعات ، المناخ الموسمى القارى المدارى .

ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة :

مناخ البحر المتوسط ، مناخ الهامش الشرقى المعتدل الدفيىء .

ثالثا : المناخات الصحراوية .



العوامل المؤثرة فى مناخ افريقيا :

تمتد افريقيا بين دائرتى عرض ٣٧° شمالا و٣٥° جنوبا ، وتمر دائرة الاستواء بوسطها . وكـان لهذا وذاك أثره فى أحوالها المناخية . فأشعة الشمس تتعامد على أجزاء كثـيرة من القارة فى رحلتهـا شمالا الى مدار السرطان ، وجنوبا الى مدار الجدى ، وبالتالى فانها تتعامد مرتين على اراضى القارة الواقعة بين المدارين ، مما يسبب ارتفاعا عظيما فى الحرارة، وازديادا كبيرا فى درجات التبخر من المسطحات المائية ، ومن النباتات ومن التربة .

ودرجات الحرارة متنـاسقة فى النطاق الاستـوائى الافريقى ، نظرا لتساوى طول الليل والنهار معظم السنة ، وبالتالىفهناك تناسق فى فترة سطوع الشمس ، واكتسـاب الأرض والجو القريب منهـا للحرارة . بينما تزداد الحرارة صيفا كلما بعدنا عن النطاق الاستوائى،وذلك لطول النهار، وبالتالي فترة سطوع الشـمس ، وقصر الليل ، وتبعا لذلك فـان المدى الحرارى اليومى والفصلى يزداد كلما بعـدنا عن دائرة الاستـواء شمالا أو جنـــوبا .

هذا ويلاحظ أن النصـف الجنوبى من القارة اقل اتسـاعا ، وأكثر ارتفاعا من النصف الشمـالى ، لذلك كانت أحواله المناخية العـامة أكثر اعتدالا ، بعكس نصفها الشمالى الذى يتميز بالتطرف والجفاف . وقد كان لا ستقامة سواحل القارة ، وقلة تعاريجها ، وندرة خلجانها ، وعدم بروز أشباه جزر منها ، وبالتالى عدم وجود بحار داخلية ، اثره فى قلة تأثير العامل البحرى على مناخ القارة . وتمر بالسواحل الشرقية للقارة تيارات بحرية دفيئة تزيد من درجة حرارتها ورطوبتها ، بينمـا تمر بالسـواحل الغربية تيارات باردة ، فتيار كناريا البارد يمر بالنصف الشمالى من تلك السواحل ، وتيار بنجويلا بالنصف الجنوبى . وهما يخفضان من درجات الحرارة ، كما يسببان الجفاف فى تلك السواحل وظهيرها .

الحـــرارة :

افريقيا هى احر قارات العالم للاسباب التى ذكرناها . وحينما ننظر الى خريطة لخطوط الحرارة المتساوية فى الصيف ، نلحظ أن خط الحرارة

٣٥°م لشهر يوليو مغلق على الصحراء الكبرى الأفريقية · بينما يكون خط ٣٠°م دائرة ناقصة تحيط بالنصف الشمالى للقارة · وهى منطقة متممة فى حرارتها لوسط آسيا وجنوب غربها · وهى تضم أكثر جهات القارة حرارة فى يوليو ، وذلك بسبب تعامد الشمس على مدار السرطان ،وطبيعة اليابس، واتساعه وانخفاض منسوبه ، وبعده عن البحار ، وندرة الغطاء النباتى · وتلاحظ أن خط الحرارة ٢٢°م فى جنوبى القارة يتقوس وينحنى كثيرا نحو الشمال ، أى صوب دائرة الاستواء ، بجوار الساحل الغربى ، وذلك بسبب أثر تيار بنجويلا البارد · كما يتقوس جهة الجنوب قرب الساحل الشرقى بسبب تأثير تيار موزمبيق الدافىء ·



شكل (١٠٣) خطوط الحرارة المتساوية فى شهر يوليو

شكل (١٠٤) خطوط الحرارة المتساوية فى شهر يناير

هذا فى فصل الصيف ، أما فى فصل الشتاء (يناير) ، فان خط الحرارة ٣٥°م يختفى · ويكون خط الحرارة ٣٢°م شكلا بيضاويا فوق هضبة أفريقيا الجنوبية (الصيف الجنوبى) ، ولا نجد لهذا الخط نظيرا أو امتدادا على مياه المحيطات المجاورة ، وذلك نظرا لشدة حرارة اليابس الجنوبى عن الماء فى هذا الفصل ، والخط يمتد بين دائرتى عرض ١٠ ــ ٢٠° جنوبا تقريبا · وينحنى خط الحرارة ٢١°م فى نصف القارة الجنوبى نحو الشمال، اى نحو خط الاستواء ، وذلك قرب الساحل الغربى ، بسبب أثر تيار بنجويلا البارد ، ثم ينحنى جنوبا بتأثير سيادة اليابس ، وكذلك على الساحل الشرقى بتأثير تيار موزمبيق الدافىء·أما فى نصف افريقيا الشمالى، فاننا نجد هذا الخط (٢١°م) ينحنى نحو الجنوب (نحو دائرة الاستواء)

عند الساحل الغربى بتاثير من تيار بنجويلا البــارد ، ثم ينحنى شمالا بتاثير اليابس ، ثم بتاثير البحر الأحمر .

الضغط والريــاح :

فى فصل الصـيف تتعامد الشمس فوق النصف الشمالى من افريقيا . فتتركز منطقة للضغط المنخفض فى شمال شرقى القارة ، تكون على اتصال بمنطقة الضغط المنخفض الآسيوى التى تمتد من السنـد الى شبه جزيرة العرب ، وكثيرا ما تتصل هذه وتلك بنطاق الضغط المنخفض الدائم فوق النطاق الاستوائى ، وبالتالى يرابض على كل أراضى القارة شمالى خط الاستواء غطاء هائل من الضغط المنخفض . ويتركز على منطقة الآزور فى المحيط الأطلسى فى شمال غربى القارة ضغط مرتفع ، ويمتد منه لســان يغطى البحر المتوسط . أما أرض القارة جنوبى دائرة الاستواء ، فيسيطر عليها ضغط مرتفع ، يلتحم بمنطقتين للضغط المرتفع فوق المحيطين الهندى والأطلسى .

وبسبب توزيعات الضغط هذه تهب على شمال القارة من منطقة الضغط المرتفع الآزورى وامتــدادها فوق البحر المتوسط رياح تجــارية شمالية فى الغالب أو شمالية غربية على الجز الشمالى من أفريقيا حتى السودان ، وهى جافة وتلطف من درجة حرارة الشمال ، لكنها كلما توغلت جنوبا ازدادت درجة حرارتها ، وبالتالى ازدادت مقدرتها على حمل بخار الماء ، وهى لذلك جافة ، وهى تساعد السفن الشراعية على السير فى نهر النيل ضد تياره جنوبا .

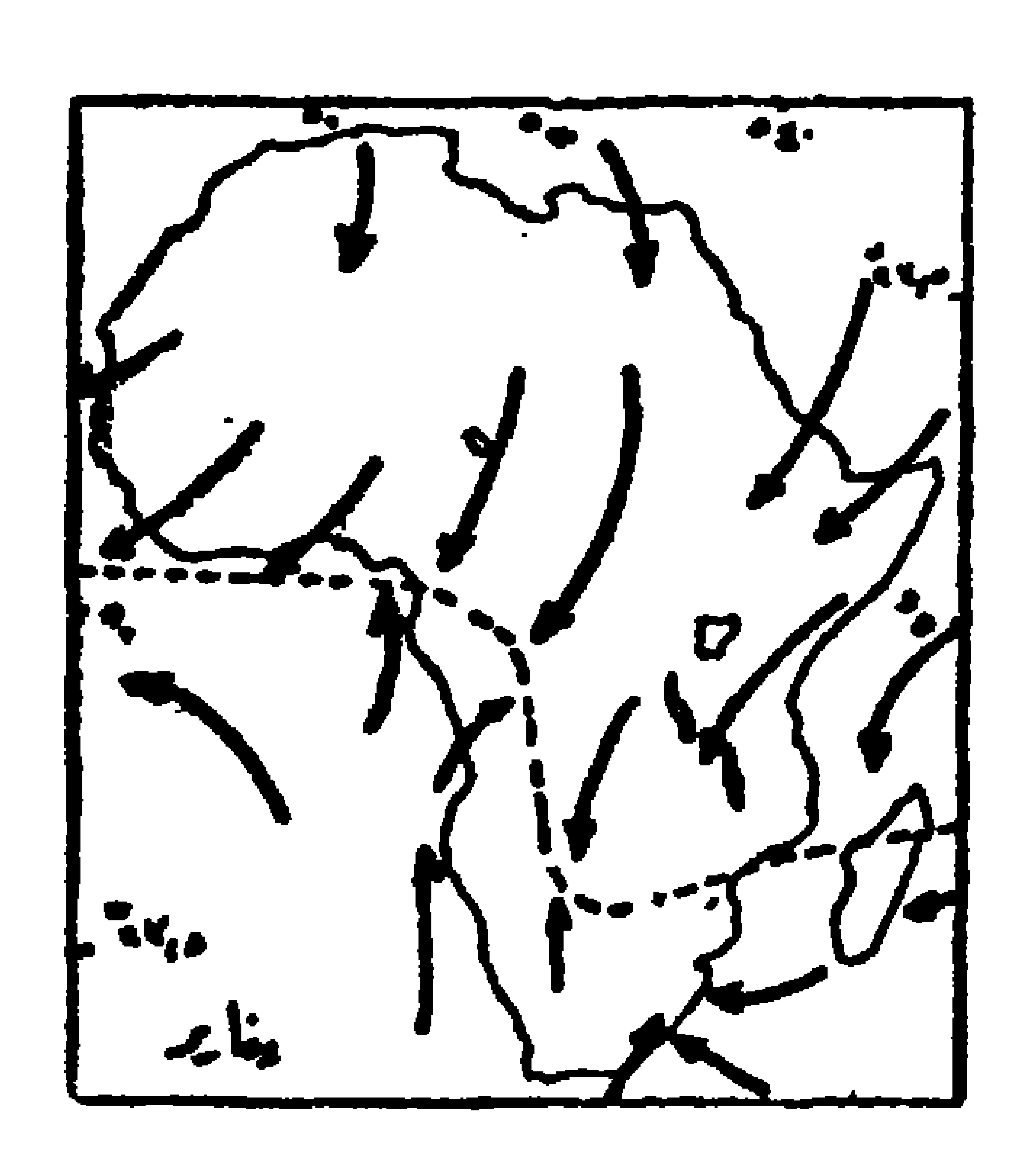
ومن منطقتى الضغط المرتفع على المحيطين الهنــدى والأطلسى تهب رياح موسمية جنوبية غربية على أرض أفريقيا الواقعة بين دائرة الاستواء ودائرة ١٨° شمالا . والرياح أصلها تجارية جنوبية شرقية فى جنوب دائرة الاستواء ، وحينما تعبر الاستواء تغير اتجاهها تبعا لقانون فرل ، وتصبح جنوبية غربية . وهى تمطر بغزارة على حوض الكنغو ، وساحل غانة ، لأن مرتفعاته تتعامد عليها ، كما تسقط الأمطار على السودان والحبشة .

وتهب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية على جنوبى القارة فيما بين ٣٠° جنوبا وخط الاستواء ، وتسقط مطرا على مدغشقر ، والساحل الشرقى جنوبى خط الاستواء . أما الساحل الشرقى لأفريقيا ، شمالى خط الاستواء حتى دائرة عرض ٨° شمالا ، وهــو ساحل الصومال ، فهو جــاف ، لأن الرياح تسير بحذاء الساحل غير متعــامدة عليه ، ولهذا تكــونت صحراء

الصومال ، ويلاحظ أن أمطار جنوب القارة تقل كلما اتجهنا غربا • وتهب على أقصى جنوب القارة رياح عكسية شمالية غربية مطيرة ، ويقل المطر فى هذا الجزء بالاتجاه نحو الشرق •



شكل (١٠٥) الرياح صيفا

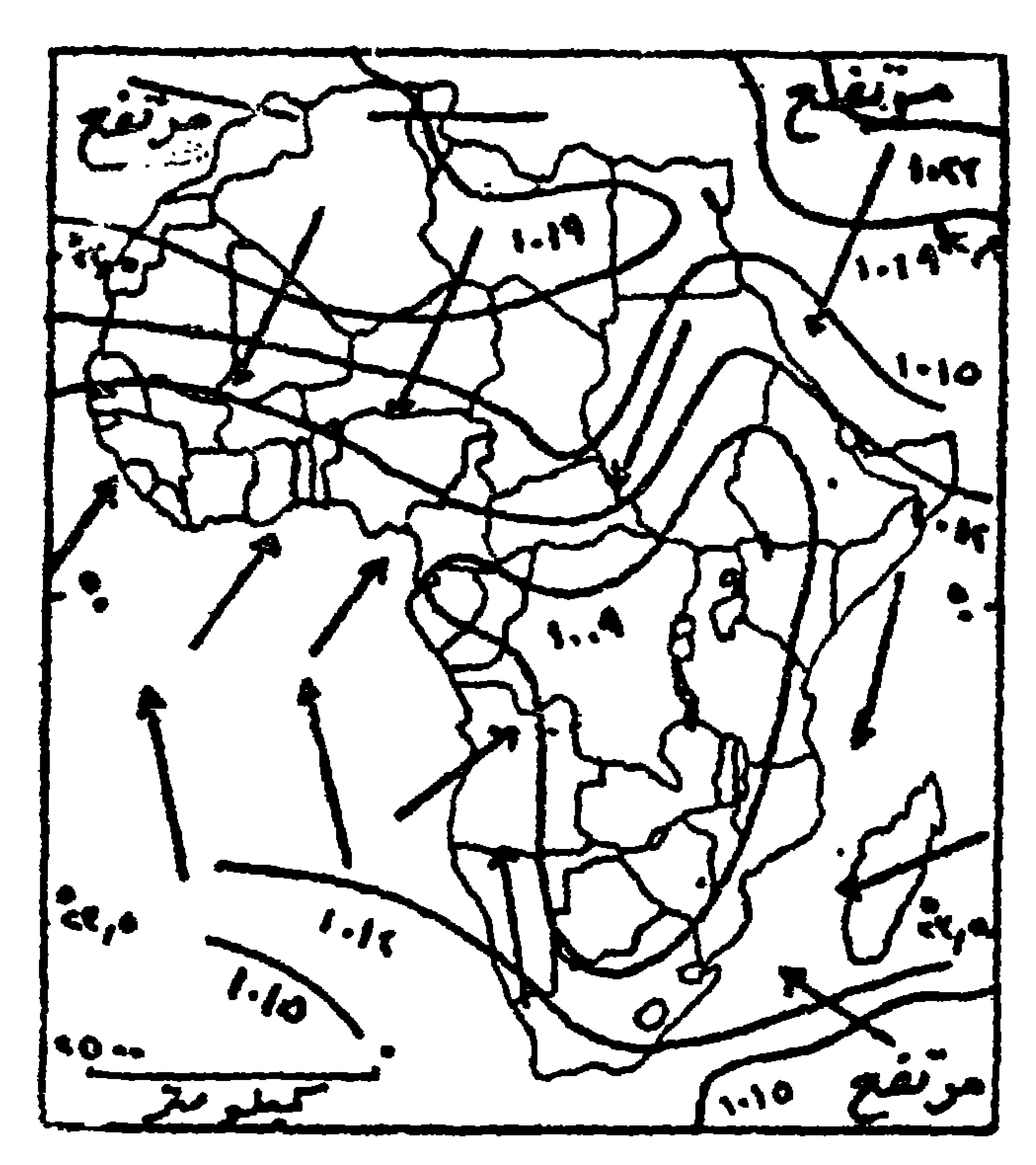


شكل (١٠٦) الرياح شتاء

أما فى الشتاء (شهر يناير) فان الشمس تتعامد على نصف أفريقيا الجنوبى ، فيتكون على يابس القارة فى نصفها الشمالى ضغط مرتفع نظرا لبرودته النسبية ، ويتصل هذا النطاق غربا بالضغط المرتفع الازورى ، وشرقا بالضغط المرتفع الآسيوى • ويصبح البحر المتوسط بذلك عبارة عن نطاق من الضغط المنخفض النسبى تحيط به نطاقات من الضغط المرتفع (فى الشمال ضغط مرتفع فوق أوربا) • ويصبح يابس نصف افريقيا الجنوبى مركزا لضغط منخفض بسبب حرارته ، بينما تجاوره شرقا وغربا منطقتا ضغط مرتفع مدارى على المحيطين الهندى والأطلسى •

وبسبب توزيعات الضغط هذه ، تهب من الضغط المرتفع الازورى رياح عكسية جنوبية غربية على أقليم البحر المتوسط فى ساحل أفريقيا الشمالى ، مصحوبة بأعاصير ممطرة ، والامطار فى الغرب والشمال أغزر منها فى الشرق وكلما اتجهنا من الساحل جنوبا • أما على الصحراء الكبرى فالرياح الهابة تكون شمالية شرقية جافة • وتهب على جنوبى القارة من منطقة الضغط المرتفع على المحيط الهندى رياح تجارية جنوبية شرقية ممطرة ، تسقط المطر على مدغشقر ، والساحل الشرقى لأفريقيا جنوبى خط الاستواء ، ويقل مطرها كلما سارت غربا حتى تصل جافة الى صحراء كلهارى • ويلاحظ

ان الرياح تسير بحذاء ساحل افريقيا الغربى جنوبى دائرة الاستواء ، لهذا فهى لا تسقط عليه مطرا ٠



شكل رقم (١٠٧) الضغط والرياح من نوفمبر الى ابريل

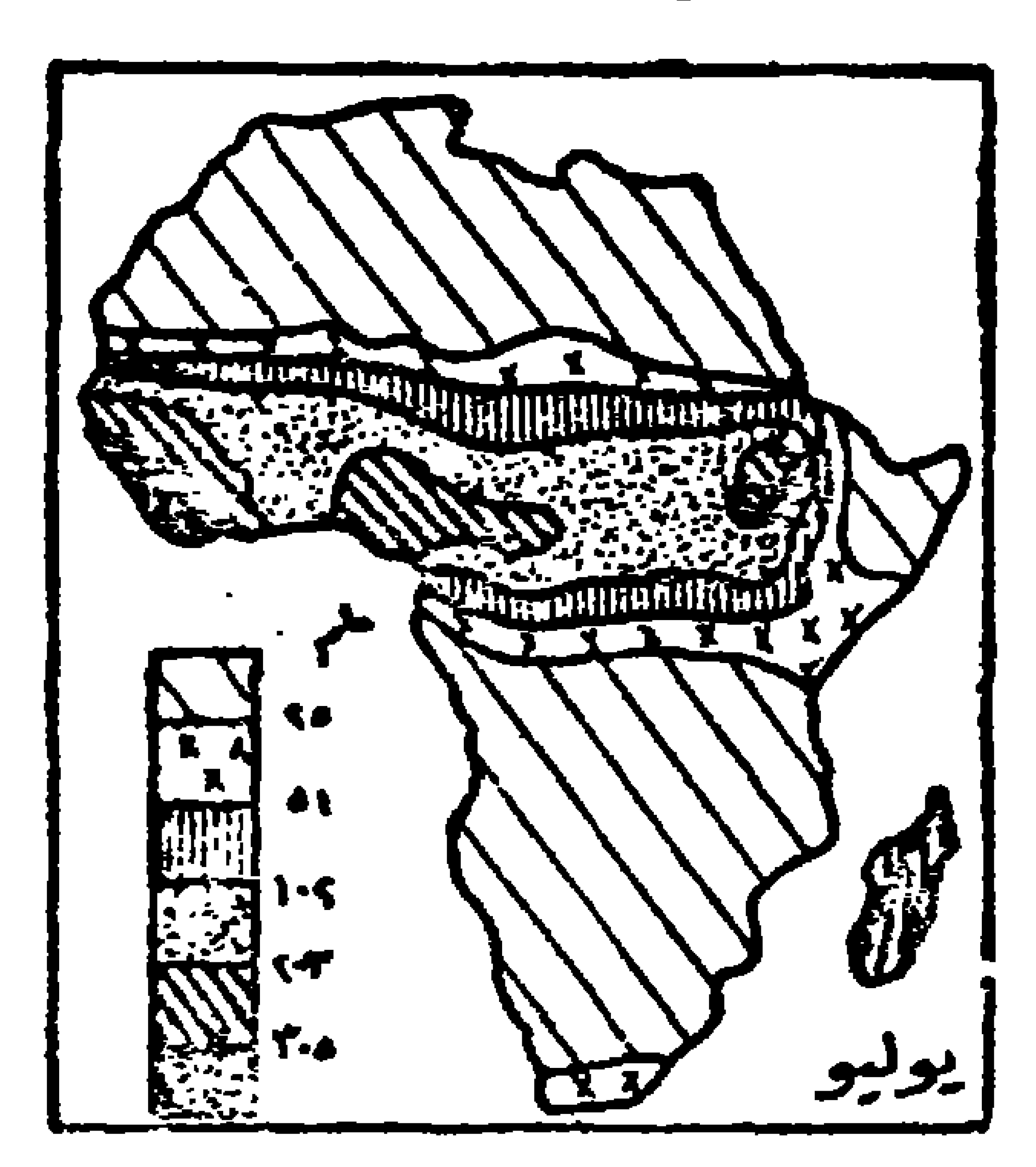
نظـــام المطر وكميته :

يسود نظام المطر الاستوائى فى أفريقيا عموما فوق الجهات التى تقع على جانبى دائرة الاستواء بنحو خمس درجات عرضية ٠ وسبب المطر راجع الى كثرة التبخر ، والتيارات الهوائية الصاعدة المشبعة ببخار الماء ، وكثرة الزوابع المرعدة ٠ وهو يسقط طول العام ٠ ويغزر فى الاعتدالين (فى فصل الربيع والخريف) نظرا لتعامد الشمس فوق النطاق الاستوائى ، وما يترتب على ذلك من كثرة التبخر ، بينما يقل بطبيعة الحال فى الانقلابين (الصيف والشـــتاء) ٠

ويشيع هذا النظام فى حوض الكنغو وهضبة البحيرات الاستوائية ، وتزيد كمية المطر السنوية على ١٥٠ سم (٦٠ بوصة) ٠ والمطر فى حوض الكنغو اغزر من هضبة البحـيرات ، ويقل المطر نوعـا فى شرقى هضبة البحيرات ، فتصبح كميته حوالى ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) ٠ كما تتميز بهذا

النظام أيضا سواحل غانة ، حيث تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية متعاونة مع التيارات الهوائية الصاعدة فى اسقاط أمطار تبلغ كميتها السنوية أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) ٠

ويسود السهل الساحلى فى شرق أفريقيا بين درجتى عرض صفر و ٢٠° جنوبا نظام استوائى للمطر أيضا ، حيث التبخر اليومى والتيارات الصاعدة بالاضافة الى أمطار الرياح التجارية الجنوبية الشرقية على حافة الهضبة ٠ وكمية المطر أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) ٠ وتمثل هذا النظام محطات أرصاد عدة مثل أكاسا ، ولاجوس ، وممباسا ٠





شكل رقم (١٠٨) المتوسط السنوى للتساقط

أما النظام دون الاستوائى فيسود الأراضى الأفريقية فيما بين درجتى عرض ٥° ـ ٨° شمالا وجنوبا ٠ وهنا تقل كمية المطر عن النظام السابق كما يقصر فصل سقوطه ، فيصبح عشرة أشهر ، ويتميز ، كالنظام الاستوائى ، بقمتين للمطر لكنهما هنا تقعان فى أوائل الصيف وآخره ٠ ويرجع سبب سقوط المطر الى الرياح التجارية الجنوبية الشرقية،والموسمية الجنوبية الغربية ، بالاضافة الى التيارات الهوائية الصاعدة ٠

ويسود النظام السودانى أراضى أفريقيا الواقعة بين دائرتى عرض ٨° ـ ١٨° شمالا وجنوبا ٠ وتتحدد موسمية المطر هنا بفصل الصيف حين تتعامد الشمس ، وتشتد الحرارة ٠ وتهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية على اقليم السودان الشمالى ٠ وتبلغ كمية المطر السنوية حوالى ٥٠ سم (٢٠ بوصة) ، وتقل الكمية كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تصل الى ٢٥ سم (١٠ بوصة) فى أطراف الأراضى المجاورة للصحراء ٠

أما النظام الموسمى فيشمل الحبشة ، وظهير ساحل غانة ، وسبب المطر

هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية فى الصيف ، وتسبب التضاريس المرتفعة غزارة المطر ، وتبلغ كميته أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) .

ويسود نظام المطر المعروف بنظام جنوب الصين فى المنطقة المتدلة الدفيئة التى تشمل الساحل الشرقى جنوب مدار الجدى ، ومطره طول العم ، لكنه يزداد فى الصيف ، وتهب عليه الرياح التجارية الجنوبية الشرقية ، ويقل المطر كلما بعدنا عن الساحل .

والى الغرب من نظام جنوب الصين يسود نظام الفلد ذو الأمطار الصيفية ، التى تقل كلما اتجهنا غربا . وسبب المطر هبوب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية .

أما النظام الصحراوى فيشمل الصحراء الكبرى فى شمال افريقيا ، وصحراء كلهارى فى جنوبها ، ثم صحراء الصومال فى شرقها . والأمطار فجائية ، ولا تزيد كميتها السنوية على ٢٥ سم (١٠ بوصة) . وسبب ندرة الأمطار ، وبالتالى تكوين هذه الصحارى ، أنها فى نطاقات مدارية حيث الهواء الهابط ، وحيث تصلها الرياح التجارية جافة ، تلك الرياح التى تكون شمالية شرقية على الصحراء الكبرى ، وجنوبية شرقية على صحراء كلهارى . أما بالنسبة لصحراء الصومال فان الرياح تهب موازية لساحلها سواء فى الصيف ، وهى الرياح الجنوبية الغربية ، أم فى الشتاء وهى الشمالية الشرقية .

ويشمل نظام البحر المتوسط ذو المطر الشتوى منطقتين . احداهما فى شمال افريقيا وهى منطقة اطلس ، والأخرى فى جنوب غربى القارة . وسبب المطر الشتوى هبوب الرياح العكسية والأعاصير . أما جفاف الصيف فسببه هبوب الرياح التجارية الجافة .

هذا ويمكننا أن نلخص مواسم سقوط المطر وتوزيعها على القارة فى النقاط التالية :

١ ـ جهات ممطرة طوال العام : وهى تشمل حوض الكنغو وساحل غانة والساحل الشرقى وهضبة البحيرات الاستوائية .

٢ ـ جهات ممطرة صيفا : وتشمل معظم السودان والحبشة وروديسيا .

٣ ـ جهات ممطرة شتاء : وهى الأطراف الشمالية والشمالية الغربية (اقليم اطلس) ، واقصى جنوب غرب القارة .

٤ ـ جهات نادرة المطر : وهى الصحراء الكبرى ، وصحراء كلهارى وصحراء الصومال .

الأقاليم المنـــاخية :

محاولة تفهم المناخ وأثره على البيئات الجغرافية فى العـالم ، حدت بعلماء المناخ الى التقدم بعدد من التقسيمات المناخية ، كل منها له مثالب ومميزات خاصة . وبحسب التقسيات المناخية لاوستن ميللر A. Miller تتمثل فى أفريقيا سبعة أنماط منها هى :

أولا : المناخات الحارة ، لا تقل الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ٦٤° ف (١٨°م) .

١ ـ المناخ الاستوائى ، ويتميز بقمتين للمطر .

٢ ـ المناخ المدارى البحرى ، لا يحوى موسم جفاف حقيقى .

٣ ـ المناخ المدارى القارى ، فصل الشتاء جاف .

٤ ـ المناخ المدارى القارى ، موسمى متنوع .

ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة أو شبه المدارية ، لاتقل الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ٤٣° ف (٦°م) .

١ ـ مناخ الهامش الغربى (نوع البحر المتوسط) المطر شتوى .

٢ ـ منقاخ الهامش الشرقى ، مطر منتظم أو متناسق .

ثالثا : المناخات الصحراوية ، المطر السنوى بالبوصة أقل من خمس المتوسط السنوى للحرارة بالدرجات الفهرنهيتية .

١ ـ الصحارى الحارة ، لا تقل الحرارة فى أى شهر من شهور السنة عن ٤٣°ف (٦°م) .

وكل هذه الأنواع يمكن أن يتعدل بتاثير الارتفاع عن سطح البحر .

ولاشك أن تقسيما عاما الى عدد قليل من الانماط المناخية لا يعطى سوى صورة تقريبية عن الأحوال المناخية لرقعة كبيرة من الارض كقـارة أفريقيـــا .

أولا : المنـاخات الحـــارة

المنـاخ الاستوائى :

يسود نطاقا يمتد من ساحل تنجـانيقا فى الشرق عبر معظم حـوض الكنغو ، وعلى امتداد ساحل خليج غينيا غربـا حتى ليبـيريا . ويزيد المتوسط الحرارى الشهرى على ٧٠°ف (٢١°م) خلال شهور السنة جميعا لكن درجات الحرارة القصوى التى نجدها فى العروض المدارية لاتسجل هنا اطلاقا . ولا يزيد المدى الحرارى والسنوى على ثلاث درجات مئوية (خمس

درجات فهرنهيتية) الا نادرا ، والمدى اليومى لا يزيد عـادة على ٥ر٨°م (أو ١٥ درجة فهرنهيتية) • وتؤكد هذه الأرقام ، خصوصا السنوية منها ، حقيقة أن الاختلاف صغير فى الحرارة بين كتلة هوائية واخرى تالية لها فى هذه العروض ، بينمـا يعكس الفرق الحرارى اليومى الكبير نـوعا تاثير الشمس على حرارة الجو ، وحقيقة أن سطوع الشمس اليومى ثابت تماما خـلال السـنة •

ويتميز المطر الاستوائى بقمتين سببهما هجرة الجبهة الحارة المدارية عبر النطاق شمالا عقب الاعتدال الربيعى (مارس) بقليل ، وجنوبا بعد الاعتدال الخـريفى (سبتمبر) بفترة وجيزة • وبسـبب الفروق الفصلية الصغيرة فى الحرارة ، فان الفصول يصير تمييزها بالرطوبة والجفـاف ، بدلا من الحرارة والبرودة •

وفى كل مكان نجد أن أحد الفصلين الرطبين اكثر مطرا من الآخـر ، ولهذا تتميز الأمطار «الاكثر» عن الأمطار «الأقل» وتطلق على كثير من الأسماء المحلية • فمتوسط أمطار مدينة عنتبة (أو غندا) ٢٥ بوصة (٦٣سم) فى الثلاثة شهور من مارس الى مايو ، بينما يهبط المتوسط الى ١٣ بوصة (٣٣ سم) فقط من أكتوبر الى ديسمبر • ويسقط على لاجوس (نيجيريا) ٣٩ بوصة (٩٨ سم) فى موسم الأمطار الاكثر من مايو الى يوليو ، و١٦ بوصة (٤٠ سم) فى الموسم الاقل مطرا من سبتمبر الى نوفمبر •

ويتساقط المطر فى هيئة رخات انقلابية غزيرة من الهواء المدارى البحرى جنوب نطاق التقاء الهواء المدارى ، وتتباين الكمية الكلية تبعا للظروف المحلية ، ومنها مقدار البعد عن البحر والاتجاه الذى منه يـأتى الهواء الرطب • ولهذا فان بلدا مثل دوالا Douala ، فى خليج بيافرا ، تتلقى كمية من المطر مقدارها ١٥٩ بوصة (٣٩٨ سم) فى السنة ، بينما مدينة ممباسا Mombasa (كينيا) ، رغم وقوعها على الساحل ، لا يصيبها سوى ٤٧ بوصة (١١٨ سم) سنويا ، ويسقط على معظم المدن الداخلية كمية سنوية تتراوح بين ٦٠ ـ ٧٠ بوصة (١٥٠ ـ ١٧٥ سم) •

المناخ الاستوائى فوق المرتفعات :

ومن المناخ الاستوائى فرع متميز يتمثل فوق المرتفعات ويسمى «المناخ الاستوائى المعدل» او «نوع المرتفعات» ، ويوجد على ارتفاع يتراوح بين ١٥٠٠ ـ ٣٠٠٠ متر فوق البحر • وهنا نجد الحرارة أقل ارتفاعا ، والمدى الحرارى السنوى صغير جدا ، لكن المدى الحرارى اليومى أكبر ، نظرا لأن تاثير الهواء الخفيف فوق المرتفعـات يكون محدودا فى الاشعـاع السريع بالليل ، وفى الاشعاع الشمسى اثناء النهار •

ويبقى نظام سقوط المطر كما هو دون تغيير ، لكن اجمالى المطر أقل نوعا · فكمية المطر الساقطة على نيروبى فى كينيا (وارتفاعها ١٦٥٠ مترا أو ٥٤٩٥ قدم) تبلغ ٣٩ بوصة (٩٨ سم) سنويا ، مع قمتين للمطر فى ابريل ونوفمبر ، ومتوسط حرارتها السنوية ١٧°م (٦٣°ف) ،ومتوسط حرارة أبرد الشهور ١٥°م (٥٩°ف) · ، والأخير يمكن أن يخرج نيروبى من نوع المناخ الاستوائى ، لكن مع مدى حرارى سنوى مقداره ٣ر٥°م أو ٦°ف فقط ، فان المدينة تتصف بكل ميزات المناخ الاستوائى الأخرى ، وينبغى أن ينظر الى مناخها على أنه مناخ استوائى معدل بسبب الارتفاع ·

ومهما يكن من شىء فان هذه التعديلات محدودة الاتساع فى أفريقيا ، نظرا لأن قسما صغيرا من النطاق الاستوائى بها هو الذى يعلو ١٢٠٠ متر (٤٠٠٠ قدم) ·وتعتبر مرتفعات كينيا أهم قسم فيه من الوجهة الاقتصادية · وتنبغى ملاحظة أن معظم كينيا وأوغندا وشمال تنجانيقا ، رغم أنها تتميز بنوع المناخ الاستوائى الحقيقى ، الا أن درجات حرارتها أقل من الأراضى التى تتصف بمثالية المناخ الاستوائى قرب الساحل الغربى · مثال ذلك بلدة عنتبة Entebbe (أوغندا ـ ارتفاعها ١١٥٥ مترا أو ٣٨٤٢ قدم) التى تسجل متوسطا لأبرد الشهور مقداره ٢٠ر٥°م (٦٩°ف) ، ومتوسطا سنويا مقدراه ٢١°م (٧٠°ف) ، وفى بلدة تابورا Tabora (فى تنجانيقا ، الارتفاع ١٢٥٠م أو ٤١٥١ قدم) ، يسجل أبرد الشهور درجة حرارة ٢١°م (٧٠°ف) ، أما المتوسط السنوى فيبلغ ٢٣°م (٧٣°ف) ·

المناخات المدارية البحرية :

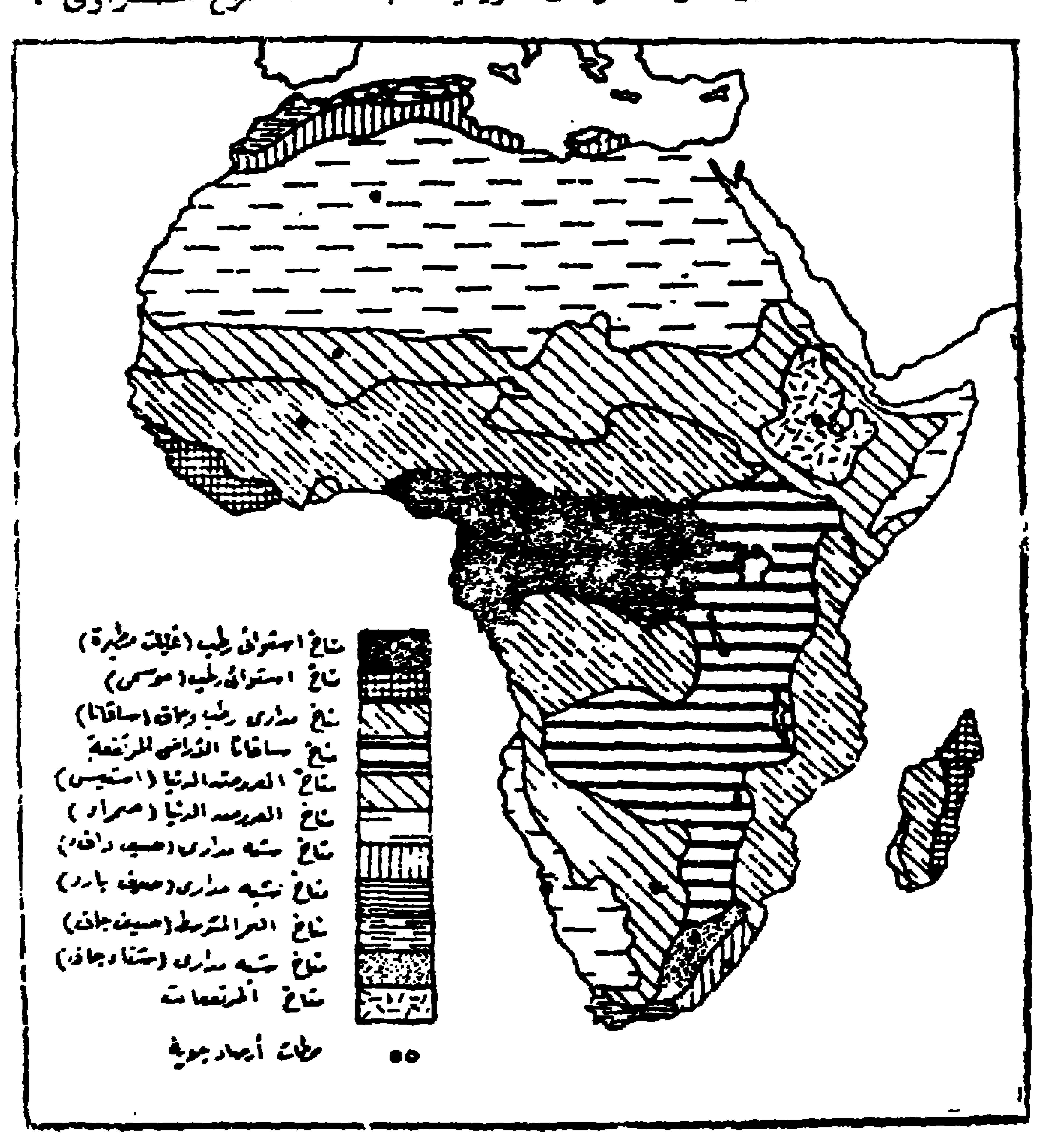
تمتد من حوالى دائرة العرض ١٠° جنوبا فى تنجانيقا الى دائرة العرض ٣٠° جنوبا فى جنوب أفريقيا · وتغطى أيضا الجزء الشرقى من مدغشقر · ومعظم المطر يأتى من نطاق التقاء الهواء المدارى أثناء شهور الصيف ؛ أما فى الشتاء فان هذه السواحل تتاثر برياح شرقية تاتى معها بكتل هوائية مدارية بحرية · ورغم أن هذا الهواء رطب ، الا انه دافىء نسبيا ، ويميل فى العادة الى أن يصبح اكثر ثباتا واستقرارا حينما يصل الى اليابس · لهذا فان المطر لا يسقط عادة ، الا حيثما تتدخل التضاريس وتمارس تاثيراتها · حينئذ ينشا الضباب كما يتساقط الرذاذ على حضيض الحافة العظيمة على الخصوص ، لكن المطر الغزير نادر الحدوث ·

وتماثل درجات الحرارة فى النهاية الشمالية للنطاق ما تسجله المراصد فى المناخات الاستوائية ، فمتوسط الحرارة السنوى فى بلدة ليندى Lindi

(على دائرة عرض ١٠° جنوبا) يبلغ ٢٧°م (٨٠°ف)،بينما الفرق الحرارى السنوى ٣°م (٦°ف) فقط ، لكننـا بالابتعاد عن دائرة الاسـتواء تنخفض درجات الحرارة ، ويرتفع المدى الحرارى ، حتى نصل الى مدينة دبريان على دائرة عرض ٣٠° جنوبا فنجـد متوسطها الحرارى السـنوى ٢١°م (٧٠°ف) ، والفرق الحرارى السنوى ٧°م (١٣°ف) ٠ معنى هذا أن قمة المطر الوحيدة هى التى تميز المناخ المدارى عن المناخ الاستوائى وذلك فى الشمال ٠ أما فى الجنوب فان تمايز الفصول هو العـامل المميز للنوعين المناخيين،فهنا يمكن التفريق بين صيف وشتاء عن طريق التباين الحرارى.

المناخات المـدارية القارية :

هى الأكثر شيوعا وانتشارا فى أفريقيا ، باستثناء النوع الصحراوى ،



شكل رقم (١٠٩) الأقاليم المناخية لأفريقيا

ونجدها فى شمال وفى جنوب دائرة الاستواء على حد سواء . وهى ، كالمناخات المدارية البحرية ، تتميز بقمة مطر صيفية ترتبط بنطاق التقاء الهواء المدارى ، لكنها فى الشتاء جافة تماما ، نظرا لأنها تقع حينئذ تحت تأثير كتل الهواء المدارى القارى ، ولأنها شديدة البعد عن الساحل الشرقى حيث يرد الهواء المدارى البحرى ، كما أن الرياح التجارية الرطبة المطيرة لا تطولها . وفى الفصل الجاف تكون الرطوبة منخفضة ، وتكون السماء صافية ، مما يتيح فرصة ارتفاع الحرارة .

وغالبا ما تكون الحرارة أعلى من المناخات الاستوائية حيث تحجب السحب الاشعاع الشمسى عن الأرض فترات أطول . ففى بلدة كاييس Kayes (فى جمهورية مالى) يبلغ المتوسط الحرارى لأشهر مارس وأبريل ومايو ٣٢°م ، ٣٤٫٥°م ، ٣٥٫٥°م (٨٩ف ، ٩٤ف ، ٩٦ ف) على التوالى . لكن فى شهر يونيو ، حينما يبدأ موسم الأمطار ، تهبط الحرارة الى ٢٩°م (٨٤°ف) . وتبلغ كمية المطر السنوى ٧٢٫٥ سم (٢٩ بوصة) ، يسقط منها ٦٥ سم (٢٦ بوصة) فى الفترة بين يونيو وسبتمبر ، وحينما ينتهى المطر ترتفع الحرارة قليلا من ٢٨°م (٨٢°ف) فى شهر سبتمبر الى ٢٩٫٥°م (٨٥°ف) فى شهر أكتوبر . من هنا نرى أن السحاب والمطر يؤثران فى الحرارة ، التى تتأثر أيضا بحركة الشمس .

والظروف المناخية التى تصاحب الفصل الرطب تماثل تلك الظروف المرتبطة بنطاق التقاء الهواء المدارى فى المناخات الاستوائية . فالرطوبة عالية ، والمدى الحرارى اليومى صغير. وكلما ابتعدنا عن النطاق الاستوائى نحو المناطق الصحراوية ، كلما قصر فصل المطر ، وتناقصت كمية الأمطار ، كما ويصبح المطر متذبذبا ، فيقل الاعتماد عليه . وتبلغ كمية الأمطار السنوية على هوامش النطاق الاستوائى نحو ١٢٥ سم (٥٠ بوصة) ، ثم تتناقص لتصبح ٢٥ سم (١٠ بوصة) على هوامش الصحراء .

المناخات المدارية فوق المرتفعات :

تماثل زميلاتها الاستوائية ، فى أنها تختلف عن النمط الأصلى فى الكم لا فى النوع والنظام. فما تزال تسجل نهاية عظمى سنوية واحدة فى الحرارة، وقمة واحدة للمطر أيضا ، لكننا نصادق شهرا أو شهرين يهبط فيهما متوسط درجة الحرارة الى ما تحت ١٨° م (٦٤°ف) . وينطبق هذا الوصف المناخى على معظم هضبة جنوب افريقيا . ففى روديسيا نجد مدينة سالسبورى Salisbury (ارتفاعها ١٤٦٠ مترا أو ٤٨٥٦ قدم) وبولاوايو Bulawayo

(ارتفاعها ١٣٣٥ متر أو ٤٤٣٥ قدم) تسجلان درجات حرارة أدنى من ١٨°م (٦٤°ف) فى أربعة أشهر ، من مايو حتى أغسطس ، بينما لا يرتفع المعدل الحرارى عن هذا القدر فى مدينة جوهانسبيرج Johannesburg (ارتفاعها ١٧٨٠ متر أو ٥٩٢٥ قدم) الا فى ثلاثة أشهر فقط من السنة • ورغم أن المحطات الثلاث تتصف بنظم حرارية تقربها من نظم المناخات المعتدلة الدفيئة ، الا أن نظم مطرها ذات طبيعة مدارية ، لهذا يحسن وصفها بأنها تتميز بمناخات مدارية معدلة •

المناخ الموسمى القارى المدارى :

وهو نمط معدل أيضا من المناخات المدارية ، وينتشر انتشارا عظيما فى آسيا أكثر منه فى أفريقيا • ويتميز بأن نظم الرياح تتصف بطبيعة نسيم البر ونسيم البحر على نطاق واسع ، وعلى مدار السنة ، بدلا من الحركة اليومية ، والجزء الوحيد الذى يخالف هذا النظام هو القسم من جمهورية الصومال الذى يقع الى الشرق من خط طول ٤٦° شرقا ، ففى أثناء شهر يناير يسود تيار من الهواء المدارى البحرى الهادىء الآتى من الشمال الشرقى ، أما فى شهر يوليو فتصبح الريح جنوبية غربية رغم انها تتصف بنفس الخصائص من جفاف وهدوء وثبات •

وتبعا لذلك فان جمهورية الصومال لايسودها مناخ موسمى من نوع مناخ الهند الغزير الأمطار ، فهى فى الواقع جافة ، فمتوسط كمية المطر السنوى لا تزيد على ست بوصات (١٥ سم) ، تتساقط كلها فى رخات غزيرة أثناء أشهر الصيف • وتبعا لنظام سقوط المطر هذا ، فانها تنخرط فى مجموعة المناخات القارية المدارية ، لكن كمية المطر الساقطة ، وهى قليلة ، تلحقها بالمناخ الصحراوى •

ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة

مناخ الهامش الغربى المعتدل الدفىء أو نوع البحر المتوسط :

وينحصر وجوده فى الأجزاء الشمالية من مراكش والجزائر وتونس وبرقة (ليبيا) ، وفى محافظة الكاب غرب أفريقيا • وتلك هى الأراضى ذات الأمطار الشتوية ، والجفاف الصيفى ، وسبب المطر تدفق الهواء البحرى القطبى وما يصحبه من نشاط الجبهات فى المنخفضات الجوية المشتقة من الجبهات القطبية •

مناخ الهامش الشرقى المعتدل الدفىء :

يتمثل فى النصف الجنوبى فقط ، نظرا لعدم وجود ساحل محيطى فى

شرق أفريقيا فى عروض شيوع هذا النوع المناخى الشمالية ـ ويتساقط على نطاق الساحل الجنوبى لجنوب أفريقيا ، فيما بين خطى طول ٢٠° ـ ٣٠° شرقا مطر معتدل الكمية طوال العام . ففى الشتاء تجلب المطر للنطاق أعاصير الرياح الغربية ، وفى الصيف الهـواء البحرى المدارى المصـاحب للرياح التجارية الجنوبية الشرقية ، ويعتبر عامل الارتفاع هذا ذو أهمية فى اسقاط المطر الصيفى .

ثالثا : المناخـات الصحراوية

تعتبر الصحراء الكبرى أكبر منطقة فى العالم تتميز بمناخات الصحراء الحارة ، فهى تمتد من المحيط الاطلسى الى البحر الاحمر ، وتجـد لها امتدادا واستمرارا فى صحراء شبه جزيرة العرب . والمطر بطبيعة الحال قليل ، نظرا لأن كتلة الهوء السائدة هى المدارية القارية الشديدة الثبات والعظيمة الاستقرار،والمشتقة أساسا من هبوط الهواء العلوى فوق الصحراء الكبرى ذاتها ، ولهذا فهى جافة ومستقرة . وفى الشـمال ، تهب أحيانا عواصف ممطرة مصحوبة بهواء رطب ونشاط اعصارى يغزو الصحراء من البحر المتوسط فى الشتاء . وفى الهامش الجنوبى للصحراء تحدث بالمثل عواصف قليلة،تصحب فى العادة الامتداد الشمالى الأقصى للهواء الاستوائى خلف (جنوب) نطاق التقاء الهواء المدارى (الرهو الاستوائى) ، الذى يتحرك شمالا ويصل الى النطـاق الصحراوى ، ويتـوغل فيه فى بعض فصول أكثر من البعض الآخر .

ولا يوجد جزء من الصحراء يخلو تماما من المطر ، بل ان بعضا من الجبال العالية فى داخلية الصحراء يتلقى كمية من الأمطار تكفى لنمو حياة نباتية متوسطة الغنى ، ويمكن تسميتها (واحـات المرتفعـات) . وتأتى أمطار هضبة الحجار ، على الخصوص ، اما من هـواء البحر المتـوسط البحرى القطبى ، فى الشتاء ، أو من الهواء الاستوائى البحرى الآتى أصلا من جنوب الأطلسى فى الصيف .

ويغطى معظم جنوب غرب افريقيا قسم صحراوى أصغر من الصحراء الكبرى بكثير يتميز بمناخ الصحراء الحار . فالشريط الساحلى يقع بصفة دائمة تحت تأثير هواء مدارى بحرى هابط شديد الاستقرار،أما فى الداخل فيشيع هواء مدارى قارى هابط فوق الهضبة . وأى هواء مدارى بحرى يأتى من المحيط الهندى فانه يتعدل ويصبح جافا حالما يصل الى الصحراء. وكما هو معتاد فى الأقاليم الجافة ، فـان المطر الساقط يصحب عواصف انقلابية عنيفة ، وهو متغير لا يركن اليه .

الجزء الرابع

النبات الطبيعى والأقاليم النباتية بالقارات

دراسـات تطبيقية

الفصل الثامن عشر : النبات والأقاليم النباتية بقارة أوروبا .

الفصل التاسع عشر : النبات والأقاليم النباتية بقارة آسيا .

الفصـل العشرون : النبات والأقاليم النباتية بقارة أفريقيا .

الفصل الثامن عشر

النبات الطبيعى والأقاليم النباتية

بقـارة أوروبـا

١ ـ اقليم نبات البحر المتوسط .

٢ ـ اقليم الغابات النفضية .

٣ ـ اقليم النباتات العشبية .

٤ ـ اقليم حشائش الاستبس .

٥ ـ اقليم الاستبس الجافة .

٦ ـ اقليم الغابات الصنوبرية .

٧ ـ اقليم نبات التندرا .



ينشأ عن التباين فى أشكال السطح ، وطبيعة الصخور وانواعها ، وانماط المناخ السائدة ، عدد من أنواع التربات . ويسود النبات الطبيعى ـ وهو النبات الذى لا دخل للانسان فى انباته ـ فى مساحات كبيرة فى شمال أوربا ، كما توجد مساحات اخرى مبعثرة فى مختلف جهات القارة مازال تغطيها انواع من النباتات الطبيعية تشهد بما كانت عليه طبيعة الحياة النباتية قبل أن يتدخل الانسان فى نموها أو تغييرها .

والتربة عبارة عن خليط مركب من المواد المعدنية والعضوية . ويبدأ تكوين التربة بتحليل وتفكك الصخور السطحية وتحولها الى مفتتات صغيرة ما تلبث أن تعمرها البكتريا والنبات الصغير . وحينما تموت البكتريا ويتعفن النبات تنشأ مواد الدبال وتتراكم فيها . وتعود نباتات اخرى الى النمو فى ذلك الفتات الصخرى ثم تموت وتتعفن ، وتساعد الحيوانات فى حفر مستويات التكوينات وقلبها ، كما يدخل الهواء والماء خلال مسامها . ومع موت الحيوان وتعفن النبات وتحللهما تتكون حوامض عضوية ، وهذه تتفاعل مع المكونات المعدنية فتنشأ التربة . ولما كانت التفاعلات الكيماوية تعتمد على الحرارة والرطوبة ، أى على درجات الحرارة والتساقط فى حالة تكوين التربة ، فانه من الواضح أن تكوين التربات يعتمد الى حد كبير على ظروف المناخ السائد فى الاقليم الذى نشأت فيه . وهذا هو السبب فى تنوع التربات ، وهو الأساس فى امكانية الربط بين انماط التربة وبين النبات الذى ينمو فيها .

وينبغى أن نشير الى أن الانسان قد قام بدوره أيضا فى تكوين التربة ، وذلك عن طريق تدمير الحياة النباتية الطبيعية ، وفلح الأرض ، وادخال نباتات جديدة واستعمال الأسمدة العضوية الغنية بمواد الدبال .

ولقد حول التربات الحمضية المجدبة الى تربات خصيبة منتجة باضافة المواد الجيرية اليها ، كما حول التربات الجافة الى أرض زراعية عن طريق استخدام الرى الصناعى .

وسنعالج هنا بالدراسة مختلف الاقاليم النباتية فى أوربا من ناحيتين :

الأولى دراسة الغطاء النباتى فى حد ذاته ، **والثانية** دراسة تاثير المناخ السائد والغطاء النباتى على التربة .

١ ـ اقليم نبات البحر المتوسط :

يسود اقليم البحر المتوسط نبات طبيعى يلائم نفسه بظروف مناخ دفىء ومطير فى فصل ، وحار وجاف فى آخر ، وهو يتحايل على ذلك بوسائل معينة للحصول على الرطوبة او للاحتفاظ بها ما أمكن . وكثير من النباتات من النوع الذى يقاوم الجفاف . وحشائش البحر المتوسط من النوع الصلب كحشائش الاسبارتو Esparto التى تنمو فوق هضبة المزيتا . اما مناطق الحشائش الأخرى فقد تحولت الى زراعة الحبوب كما فى اليونان وصقلية. والصورة المثالية لنباتات البحر المتوسط تتمثل فى ادغال من أشجار الصنوبر كالصنوبر الحلبى ، واختلط بأشجار ذات أوراق عريضة دائمة كالبلوط والزان والكستناء والزيتون والغار ، ومنها مايمتاز برائحة عطرية كالآس والخزامى والزعتر . وبعض هذه الأشجار كالفلين يتميز بلحاء سميك ، وبعضها الآخر بأوراق صغيرة سميكة ،تغطيها أحيانا طبقة شمعية أو وبرية.

من النباتات ما تتميز أوراقه بقلة المسامية ، فلا تفقد سوى القليل من المياه عن طريق التبخر والنتح ، ومنه مـا تواجه أوراقه أشـعة الشمس بحافاتها بدلا من سطوحها ، أو تكون لماعة تعكس قسما كبيرا من أشعة الشـمس .

وتضرب بعض الأشجار بجذورها فى باطن التربة لتصل الى مستوى الماء الباطنى ، وكلها كما نرى محاولات من النبات اما للابقاء على الرطوبة والاحتفاظ بها ، أو للحصول عليها من مستوى الماء الباطنى . وللنبات الصغير أيضا مميزاته التى تحميه من الجفـاف ، اذ يحمل أوراقا دقيقة صلبة تغطيها طبقة شمعية او ليفية شعرية ، أو أوراقا مـدببة أو ابرية . وتفرز بعض النباتات عصارة صمغية ذات رائحة طيبة ، كلها محاولات من النبات للتغلب على ظروف الجفاف ، وحينما قطعت الأشجار فيما مضى استطاعت الطبيعة أن تحل محلها أدغالا من الشجيرات القصيرة والأعشاب تعرف باسم ماكى Maquis فى جنوب فرنسا وباسم ماشيا Machia فى ايطاليا ، وتنمو أدغال الماكى فى التربات البللورية فى جزيرة كورسيكا . وهناك ايضا أنواع من تلك الأدغال اقل غنى يعرف باسـم جاريج Garrigue ينمـو فى التربات الجيرية فى جنوب فرنسا .

وكثير من النباتات التى نجـدها الآن فى أراضى اقليم البحر المتوسط وتعتبر مثالية فيه ، هى فى الواقع دخيلة عليه ، وليست أصيلة فيه .فأشجار النخل التى توجد الآن فى جنوب شرق أسبانيا جديدة فى الاقاليم كما أدخلت اليه زراعة الأرز وقصب السكر والقطن من الأقطار المدارية التى تقع فى

شرقه وجنوبه ، وحتى أشجار الليمون والبرتقال ليست أصيلة فيه ، ولقد نجحت زراعة هذه الأنواع جميعا فى أراضى الاقليم لتوفر الحرارة اللازمة فى فصل الصيف ولكن حيث تتوفر المياه للرى . وحتى أشجار الكروم يشك فى أصالتها فى الاقليم ، على الرغم من أنها قد تأقلمت فيه بجذورها الطويلة المتشعبة ، وهى تنتشر الآن فى كل أرجائه وتعتبر مثـالية فيه . وشجرة الزيتون هى الوحيدة التى تمثل الاقليم كشجرة منتجة أصيلة فيه ، هذا على الرغم من أن نباتى القمح والشعير قد تطورا على ما يبدو من حشائش محلية كانت تنمو فى الاقليم .

وتبدو التربات فى منطقة البحر المتوسط سميكة فى الأودية وعلى طول امتداد السهول الساحلية . أما النطاقات الجبلية فتظهر عارية من التربة ، ذلك لأن أمطار الشتاء المنهمرة تكتسح تكويناتها وتلقى بهـا فى الأراضى المنخفضة ، ومن ثم نشأت فى السهول الساحلية والأودية تربة عميقة غنية بنية اللون . وفى المناطق التى كـان يقل فيها الغطاء النباتى تجد التربة فقيرة فى مواد الدبال ، ولكنها مع استخدام المخصبات الصناعية ومع توافر المياه للرى تصلح للاستغلال الزراعى . وفى بعض أراضى الاقليم نجد تربة حمراء يطلق عليها اسم تيراروسا Terra Rossa ، وهى تربة ثقيلة نوعاً من نوع التربات الصلصالية قد نشأت واشتقت من الصخور الجيرية ، وتلونت بلون الأكاسيد الحديدية وهى تربة غنية بالمواد الجيرية ولكنها فقيرة فى مواد الدبال ، وقيمتها محدودة ، وتشغلها عادة مزارع الكروم والزيتون ، وتوجـد التربة الحمراء فى أجزاء من جنوب شرق أسبانيـا وفى الوادى الأدنى لنهر الرون ، وفوق المنحدرات والسفوح الشرقية من جبال الابنين، وفى صقلية وكورسيكا وسردينيا واليونان . أما التربة البركانية فنجدها فى مساحات محدودة فى أجزاء من ايطـاليا ، وفى صقلية ، وهى تربة غنية عظيمة الانتـاج .

ومن بين المشـاكل التى يعانيها اقليم البحر المتوسـط عمليات جرف التربة . فكثيرا ما تسقط أمطار الشتاء بغزارة مسببة لسيول تجرف معها تكوينات التربة على امتداد المنحدرات الشديدة،ولا تسلم السهول ذاتها من أذى السيول . وفى فصل الصيف الجاف تسفى الرياح القوية مواد التربة الناعمة.ولقد أدى قطع الغابات وسوء استغلالها فى الماضى الى تعرية التربة وكشفها لتاثيرات عوامل التعرية مما تسبب فى سرعة اجتياحها . يضاف الى ذلك رعى الماعز التى تأكل الحشائش وتلتهم الشجيرات الغضة الحديثة الانبات.ويحاول الانسان الآن جهده للحد من عمليات جرف التربة ، وذلك

بانشاء المدرجات فوق منحدرات الجبال، وحمايتها باقامة الحواجز، وانشاء محطمات الرياح عن طريق التشجير أو البناء، كما تزرع المحاصيل السريعة النمو حيث يمكن لجذورها أن تحمى التربة من الانجراف • وتشرف الحكومات أيضا على اعادة تشجير المنحدرات الجبلية ، وعلى تحديد مساحات الرعى للماعز •

٢ ـ اقليم الغابات النفضية :

يسود وجود الأشجار النفضية فى أراضى أوربا من المحيط الأطلسى حتى جبال أورال ، الى الجنوب من نطاق الغابات المخروطية فى المناطق التى يسودها المناخ الانتقالى المعتدل نوعا (وسط أوربا) مع امتداد صوب الشرق فى المناطق القارية المناخ (شرق أوربا) • وهى تختلط بأنواع من الأشجار الصنوبرية فى الجهات التى تتميز بتربة فقيرة كالقسم الشمالى من ألمانيا ، أو بتربة رملية كما فى أجزاء من غرب فرنسا ، أو حيث يتطرف المناخ بالاتجاه نحو القطب •

وأشهر أنواع الأشجار النفضية فى أوربا هى أشجار البلوط والجوز والكستناء والدردار والزان ، وهى جميعا تنتج الأخشاب الصلبة ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة • وينشط نمو الأشجار النفضية فى فصل الصيف حين تبدو خضراء مورقة نضرة ، وأوراقها عريضة رقيقة • أما فى موسم الشتاء فان نموها يتوقف وتبدأ فى نفض أوراقها والتخلص منها عند حلول الخريف لتعرقل عمليات التبخر ، اذ أن ماء التربة يتعرض للتجمد ، ونموها بطىء لأن نشاطها يتوقف أثناء الشتاء • وتتميز الاشجار النفضية بقلة عدد أنواعها ، كما أن أشجار النوع الواحد تتجمع فى منطقة بحيث يكون النوع السائد بين الأشجار التى تنمو فيها ، ومن ثم نجد حشودا من أشجار الزان أو البلوط أو غيرهما فى داخل الغابة مما يسهل استغلالها والعناية بها •

وقد أزيل معظم الغابات النفضية ، ولم يبق منها سوى القليل فى بعض المناطق الوعرة التى لا تصلح للزراعة ، وزرع مكانها القمح والشعير والشيلم والشوفان والذرة والبطاطس وبنجر السكر و الكتان والتفاح ، كما حولت بعض أراضيها الى مراعى للماشية • ويرجع هذا الى أن تربة الغابات النفضية والغابات المختلطة أقل حموضة وأكثر احتواء على مواد الدبال من تربة الغابات الصنوبرية ، ومن ثم فهى أكثر منها خصوبة •

وتتلون التربات بمختلف درجات اللون البنى ، ومرد ذلك الى التباين فى عمليات التحلل التى أصابت الصخور السطحية بسبب الاختلاف فى

الخصائص المناخية على طول امتداد نطاق هذه الغابات . ففي شمال هذا النطاق على سبيل المثال ، نجد التربة تميل الى اللون البنى الرمادى . وفى هذا الشريط الشمالى تجود زراعة الشيلم والشوفان والبطاطس والكتان وذلك حين أزيلت الاشجار . أما فى الغرب فتسود مراعى الحشائش ومحاصيل العلف كالبرسيم ، والى الجنوب من نطاق الغابات النفضية ، خاصة فى وسط أوربا وأجزاء من غربها ؛ تسود تربات اللوس الخصيبة ، وهى بنية اللون وغنية بالمواد العضوية ، وفيها أزيلت الأشجار وحلت محلها زراعة القمح والبنجر والفواكه .

ويضيق نطاق الغابات النفضية فى شرق أوربا خاصة تجاه الجنوب ، وتسود فيه شجرة البلوط ، وتبدو الغابات هنا متفرقة تفصل بينها مساحات من الحشائش . ويعرف هذا الشريط بالاستبس الشجرية . وقد اختفى معظم النبات الطبيعى فى هذا النطاق أيضا لتحل محله الزراعة . وفيه نجد التربة بنية داكنة ، وهى تربة انتقالية بين التربة البنية المثالية فى اقليم الغابات النفضية ، والتربة السوداء فى أراضى الاستبس الواقعة الى الجنوب منه .

٣ ـ اقليم النباتات العشبية :

تنمو الحشائش والأعشاب فى بقاع معينة من غربى أوربا وشمال غربها خاصة فى أجزاء من بلجيكا حيث تدعى كامبين Campine ، وفى هولندا حيث تسمى جيست Geest ، وفى القسم الشمالى من المانيا الغربية حيث تدعى هايدى Heide . وهى نباتات عشبية فقيرة يشبهها ما ينبت على طول سواحل خليج بسكاى وفى القسم الغربى من شبه جزيرة جوتلاند Jutland فى الدنمرك ، وأيضا فى الأجزاء المرتفعة من غربى أيرلندا واسكتلندا ، حيث تعمل الرياح الغربية التى تهب بشدة على اعاقة نمو الأشجار الطبيعية . وتتركب التربات التى تنمو فيها هذه النباتات فى بلجيكا وهولندا والمانيا من رمال وحصى وحصباء جرفها الجليد وأرسبتها مياهه الذائبة ابان العصر الجليدى . وفى بعض المناطق تنمو الحشائش والأعشاب فوق تلال الركامات القديمة . وهذه التربات حديثة التكوين من الوجهة الجيولوجية ، وكان وما يزال نموها بطيئا تحت ظروف المناخ المعتدل البارد الذى يسود مناطق توزيعها . ولما كانت تلك التربات ترتكز على أرض صماء ، لهذا فانها تتشبع بالمياه ، وتزداد حامضيتها مما يجعلها قليلة الخصوبة ، ويحدث هذا على الخصوص فى مناطق الاحواض المنخفضة ، حيث ينعدم التصريف الطبيعى ؛ فينشأ عن ذلك تكوين برك ومستنقعات تحتوى على طبقات

من النباتات المتفحمة ، التى تستخرج وتستغل كمادة للوقود ، وهى بقايا تحلل نباتات الطحالب وغيرها من نباتات المستنقعات التى تغطى مثل هذه البقاع الرطبة .

وقد تحول قسم عظيم من أراضى النباتات العشبية أما الى التشجير حيث زرعت محلها أشجار الصنوبر على الخصوص ، واما الى الزراعة ، وذلك عن طريق ازالة الطبقات السطحية ، وحرث الأرض حرثا عميقا ، واضافة الجير والمخصبات الكيماوية اليها .

٤ ـ اقليم حشائش الاستبس :

الى الجنوب من نطاق الغابات فى شرقى أوربا ،يمتد نطاق من حشائش الاستبس من سهول الدانوب الأدنى الى تخوم قارة آسيا . وفى هذه السهول يمتنع نمو الأشجار الا قليلا ، وذلك بسبب سيادة ظروف المناخ القارى حيث تتجمد التربة أثناء شهور الشتاء ، ثم تتشبع بالماء الذائب من الجليد فى الربيع ، ويعقب ذلك التبخر السريع لمياه الأمطار فى الصيف وتلائم مثل هذه الظروف المناخية القارية نمو الحشائش التى تتميز بفترة نمو قصيرة وسريعة ، ونمو النباتات البصيلية التى تستطيع أن تقضى فترة الخريف الجافة وفصل الشتاء الطويل البارد فى حالة موات ، ثم تعود الى النشاط والنمو بحلول فصل الربيع حين يبدأ الجليد فى الذوبان .

وتعرف هذه المنطقة بالاستبس «الأصيلة» تمييزا لها عن الاستبس الشجرية الى الشمال منها ، والاستبس الجافة فى بعض أجزاء الى الجنوب منها .وقد كانت هذه المنطقة تزخر فى فصل الربيع وأوائل الصيف بالحشائش والأزهار المختلفة الألوان والنباتات البصيلية ، وهنا وهناك تكتنفها بعض الأشجار خاصة قرب ضفاف الأنهار . وفى أواخر الصيف،وفى فصل الخريف تذوى الزهور ، وتيبس الحشائش ، ويستحيل لونها الى اللون البنى ، وفى الشتاء تصبح أراضى الاستبس وقد غطاها الجليد . وقد كانت الاستبس فى سابق العهد مراعى طبيعية عظيمة الاتساع ، حيث كان فرسان القوساك والقرغيز يرعون أغنامهم ومواشيهم .

ولم يبق الآن من المراعى الطبيعية سوى مساحات محدودة ، وذلك لأن تربة حشائش الاستبس الأصلية هى التربة السوداء الشهيرة التى تعرف بتربة تشيرنوزيم ، وهى من أغنى التربات وأخصبها فى العالم . ولهذا فقد استغلها الانسان فى الزراعة ، فهى تزرع بالقمح والشعير والشيلم والشوفان وعباد الشمس (لاستخراج الزيت) وبنجر السكر والطباق . أما

النشاط الرعـوى فينحصر الآن فى مساحات تتميز تربتهـا بقلة الخصوبة وازدياد الحموضة ، او فى أراضى الاستبس الصحراوية التى تنتشر حول القسم الشمالى من بحر قزوين ٠

وتوجد التربة السوداء فى نطاق عظيم يمتد من سهول أوكرانيا صوب الشرق فى آسيا ٠ ولقد نشات التربة السوداء فى ظروف مناخ تتميز بامطار صيفية لا تتبخر مياهها بسرعة كبيرة ٠ وهى تنقسم الى مستويين : مستوى علوى يبلغ عمقه ٩٠ سم ، ويتميز بلونه الأسود ، ومستوى سفلى لونه بنى ضارب للاصفرار ، وغنى بكربونات الكالسيوم ٠ وقد نشا اللـون الأسود الذى تتميز به التربة العليا نتيجة لتحلل الحشائش على مدى فترات طويلة من الزمن ٠ وتتركب التربة السوداء أصلا من تكوينات اللوس ، وحيث ترتكز تلك التكوينات على صخور طباشيرية يزداد عمق التربة كما هى الحال فى سهول أوكرانيا ٠ أما حيث ترتكز على تكوينات صلصالية فان عمقها يقل ولا يزيد عادة على ٤٥٠سم ، وترجع خصوبة التربة السوداء الى احتوائها على كمية كبيرة من مواد الدبال التى نشات وتجمعت نتيجة لتعفن الحشائش وتحللها ، ثم تفاعلها وتمثيلها بواسطة المحاليل الجيرية التى تصعد اليها بواسطة الخاصة الشعرية من التربة السفلى فى أثناء الفصل الجاف ، وهذا التفاعل الكيماوى هو الذى يعطيها اللون الأسود ٠ وتختلف كمية المواد الدبالية من مكان لآخر ، فهى تتراوح بين ٦٪ فى سهول أوكرانيا الى نحـو ١٥٪ فى شرق نهر الفـولجا ، هـذا على الرغم من أن التربة السوداء فى سهول شرقى الفولجا قليلة العمق ٠

وقد كان يغطى سهول المجر غطاء مشابه من حشائش الاستبس الأصيلة حيث كانت سهول المراعى تعرف باسم بوزتاس **Pusztas** أما الآن فقد تحول معظم السهل المجرى الى أراضى زراعية ، فيما عدا قسم محدود المساحة فى شمال شرق المجر ، حيث مايزال الرعـاة المجيار بتقاليـدهم الرعوية القديمة يزاولون حرفة رعى المواشى والأغنام ٠ وتوجد مراعى الاستبس أيضا فى سهول والاشيا فى رومانيا ، وفى شمال بلغاريا ، وان كان معظمها قد زال لتحل محلها زراعة الحبوب ٠ وتوجد حشائش الاستبس الشجرية فى شمال مرتفعات الكربات ، وفى جنوب بولندا وغرب الاتحاد الروسى ٠

٥ ـ اقليم الاستبس الجافة :

تنبت الاستبس الجافة فى نطاق يقع الى الجنوب من أراضى الاستبس الأصلية ، ويبدأ الى الشمال من شبه جزيرة القرم ، ويتسـع كلما اتجهنا

صوب الشرق تجاه قارة آسيا . وفى هذا النطاق نجد الحشائش هى النبات الطبيعى السائد ، ولكنها أفقر واقصر من حشائش الاستبس الأصلية ، كما يقل فى الاستبس الجافة وجود النباتات البصيلية وتتميز أراضى الاستبس الجافة بمناخ يتسم بأمطار اقل ، وبحرارة أشد فى فصل الصيف ، ومن ثم تزداد عمليات التبخير .

وتتميز التربات هنا بلونها الكستنائى ، وبعضها ملحى،وهى تتفاوت فى عمقها الذى يصل الى نحو ٤٥ سم . وتحتوى من مادة الدبال على نسبة مقدراها ٣٪ ، ولهذا فانها أقل خصوبة بكثير من التربة السوداء . وحيث تتوفر مياه الرى تقوم الزراعة خاصة زراعة الحبوب . ولكن مايزال الرعى هو الحرفة الرئيسية فى القسم الشرقى من هذا النطاق نظرا لعدم توفر المياه.

وبالقرب من السواحل الشمالية لبحر قزوين نجد مساحات تتميز بتربة فقيرة ، لونها كستنائى فاتح ، تحتوى على نسبة ضئيلة من مادة الدبال تقدر بنحو ١٪ فقط،وهى تربة قليلة الانتاج حتى حين تتوفر لها مياه الرى.

ويرجع فقر هذه التربة وقلة خصوبتها الى قلة الأمطار واشتداد حرارة الصيف ، ومن ثم اشتداد التبخر . ويبدو غطاء الحشائش هنا متقطعا غير متصل ، وينمو الكثير من الأعشاب الجافة المرة العصارة . ويكثر وجود التربات الملحية خاصة فى الأجزاء المنخفضة ، حيث تختلط بها الأملاح القلوية كالبوتاسيوم والمغنسيوم ، وأملاح الكالسيوم ، ولهذا لا ينمو بها سوى بعض الأعشاب المحبة للأملاح .

٦ ـ اقليم الغابات الصنوبرية :

الى الجنوب من نطاق التندرا يمتد غطاء من الغابات الصنوبرية التى يتميز بها اقليم المناخ البارد . وهو يمتد متصلا بلا انقطاع من النرويج حتى مرتفعات الأورال . ويتسع بالاتجاه نحو الشرق حيث يعرف باسم التايبجا **Taiga** ، وان كان هذا الاسم يطلق أصلا على نطاق الغابات الصنوبرية فى سيبيريا . وأهم الأشجار الصنوبرية هى التنوب الفضى والشربين والصنوبر .

وتغطى الأشجار الصنوبرية نحو ثلثى أرض فنلندا ، ونحو نصف مساحة السويد ، وهى مع غابات شمال روسيا تمثل أهم وأعظم احتياطى للاخشاب فى أوربا ، ولما كانت الغابات تتميز بقلة تنوع الأشجار ، أصبح من السهل استغلال أخشاب النوع المطلوب . وتعتبر شجرة التنوب الفضى أكثر الأشجار شيوعا،ويزداد عددها باستمرار على حساب الانواع الاخرى،

وهى من أهم الاشجار نظرا لانها مصدر افضل أنواع لب الخشب وتنمو الأشجار الصنوبرية فى جهات أوربا الأخرى فوق منحدرات الجبال والأراضى المرتفعة حيث يمنع انخفاض الحرارة نمو الأشجار النفضية، ومثلها غابات جبال الالب والبرانس وجورا والفوج والغابة السوداء وهضبة الاردن وهضبة فرنسا الوسطى وغابة بوهيميا ومرتفعات الكربات وجبال القوقاز. ولقد زرع الانسان بعض بقاع بالأشجار الصنوبرية أكبرها فى اقليم اللاند Landes فى فرنسا، ثم مساحات أخرى أصغر فى هولندا وغرب الدنمرك وشمال المانيا.

وتتميز الاشجار الصنوبرية بانها مخروطية الشكل، وهى تحمل ثمارا مخروطية الشكل أيضا، وهذا يساعدها على التخلص من قسم كبير من الثلوج المتساقطة عليها، كما يساعدها على التخفيف من حدة الرياح القطبية القوية الجافة. وهى تتميز أيضا باوراقها الابرية التى تغطيها عادة طبقة سميكة، وهى ميزة تساعدها على الاقلال من فقدان المياه التى تحتاجها، اذ أن امتصاص المياه من التربة بواسطة جذورها يكون صعبا بسبب تجمد التربة فترة طويلة من السنة. وهى تحتفظ بالأوراق الابرية لعدة أعوام قد تصل الى اكثر من خمسة ثم تقوم بنفضها تدريجيا، بحيث تبقى الأشجار مخضرة دائما. وارض الغابة تكاد تكون خالية من النباتات العشبية، كما ان أوراق الأشجار الصلبة تتعفن وتتحلل ببطء شديد، لذا نجد التربة فقيرة فى مواد الدبال. وفى المناطق التى أزيلت منها الأشجار بفعل الحرائق التى تحدثها الصواعق، أو بواسطة الانسان، تقوم الزراعة التى تعترضها صعوبات مناخية جمة، وتقتصر غالبا على الجودار والشعير والبطاطس، خاصة عند التخوم الجنوبية للغابات، أو حيث يزداد تأثير المؤثرات البحرية كما هى الحال فى جنوب السويد وفنلندا، أو على الخصوص عند رؤوس الفيوردات فى النرويج. وتستغل الغابات فى قطع الأخشاب، وفى صيد الحيوانات ذات الفراء.

وتسمى تربة الغابات الصنوبرية باسم بودسول Podsol، وهى تسمية روسية معناها التربة الرمادية المغبرة. وتغطى التربة فى فصل الشتاء طبقة من الثلوج، ومن ثم يتوقف فعل العمليات الكيماوية والبيولوجية التى تنشىء التربات الجيدة. وحينما تذوب الثلوج تنصرف المياه الى باطن التربة حاملة معها ايدروكسيدات الحديد ومواد الدبال الناشئة من تعفن النباتات قرب السطح، وذلك فى صورة محلول غروى الى الطبقة السفلى من التربة، ومن ثم يسلب من التربة السطحية أو من مستواها

العلوى كثير من مواده وخاصة مادة الدبال ، ومن ثم يصبح لونها السائد رماديا . وتتجمع المواد الحديدية ومواد الدبال على عمق يبلغ عدة سنتيمترات حيث تختلط بذرات من الصلصال والغرين ، وينشأ عن ذلك تكوين طبقة بنية اللون داكنة . وقد تتحول هذه الطبقة أحيانا الى مستوى متصلب يمنع تصريف المياه الى أسفل ومن ثم ينشأ مستوى ماء باطنى ضحل يؤدى الى تكوين مستنقعات .

٧ ـ اقليم نبات التندرا :

يقع هذا الاقليم على الخصوص فى داخل الدائرة القطبية الشمالية ، ويمتد هناك فى شكل نطاق ضيق . وبسبب ظروف المناخ القطبى والبارد تتغير الحياة النباتية هنا وتصل الى أدناها . والتربات رقيقة يتجمد مستواها العلوى معظم شهور السنة ، أما مستواها السفلى فدائم التجمد . وهى تنشأ نتيجة لعمليات التفكك الميكانيكى بفعل الصقيع ، ثم لتأثير الظروف المناخية السائدة . وتكوين التربات هنا يسير ببطء شديد ، اذ يفتقر الاقليم الى الرطوبة والحرارة اللازمين لنشاط العمليات الكيماوية .

وحين يبدأ فصل الصيف ـ وهو قصير العمر ـ وتذوب طبقة الجليد السطحية ، تنتعش الحياة النباتية ، ويسرع النبات فى الظهور والنمو خاصة فى الأجزاء الجنوبية وحول ضفاف الانهار وفى المناطق المحمية . وهى تتمثل فى الطحالب وحشائش البحر والحلفا وعدد كبير من انواع الأعشاب المزهرة . وعند تخوم الغابات الصنوبرية فى الجنوب تنمو الى جوار الحشائش والنباتات الصغيرة شجيرات قزمية . وحينما تموت النباتات وتتعفن تترك طبقة سطحية من بقاياها تصبح سيئة الصرف ، ومن ثم تنتشر المستنقعات . وليس للتندرا أية قيمة من الوجهة الزراعية . ويقتصر النشاط البشرى فيها على رعى الرنة الذى تزاوله عناصر شبه بدوية كعناصر اللاب Lapp ، وعلى صيد بعض حيوانات الفراء التى تهاجر اليها فى الصيف من اقليم الغابات الصنوبرية .

ومثل هذه التربات بنباتاتها الضئيلة نجدها أيضا فوق المرتفعات الشاهقة ، اذ تنتشر على طول امتداد الجبال العالية فى شبه جزيرة اسكنديناوه ، وفوق مرتفعات الألب ، وفى أعالى القوقاز .

الفصل التاسع عشر

النبات الطبيعى والاقاليم النباتية

بقـارة آسـيا

١ ـ اقليم الغابات الاستوائية ٠

٢ ـ اقليم الغابات الموسمية ٠

٣ ـ اقليم الغابات المعتدلة (الاقليم الصينى)٠

٤ ـ اقليم نبات شمال الصين ومنشوريا ٠

٥ ـ اقليم نبات البحر المتوسط ٠

٦ ـ اقليم نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة ٠

٧ ـ اقليم الاستبس (حشائش العروض الوسطى) ٠

٨ ـ اقليم الغابات الصنوبرية ٠

٩ ـ اقليم التنـــدرا ٠

للمناخ أثره المباشر فى نوع النبات السائد فى اقليم ما ، لهذا نجد أن لكل نوع من الأنواع المناخية الرئيسية التى سبق أن درسناها نمطه الخاص من النبات ، وتحدد كمية الأمطار الساقطة فى كل اقليم مناخى الأنواع النباتية الرئيسية ، أما التربة فتحدد الاختلافات النباتية المحلية .

وفيما يلى دراسة للأقاليم النباتية فى قارة آسيا :

١ ـ اقليم الغابات الاستوائية :

تنمو هذه الغابات نموا عظيما فى أراضى الاقليم الاستوائى فى قارة آسيا ، حيث تتضافر الحرارة الشديدة مع الأمطار الغزيرة فى العمل على انبات غابات كثيفة متعددة الأنواع . وتنتشر الغابات فى مساحات واسعة من السواحل الى قمم التلال .

وتحتوى الغابات على أشجار عالية ، تتشابك أغصانها وتتلاحم ، فلا تسمح أحيانا لضوء الشمس من النفاذ الى داخلية الغابة . وعلى أرض الغابة تنمو النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار الضخمة ، محاولة الوصول الى ضوء الشمس ، كما تكسو أرض الغابة أعشاب ونباتات عريضة الأوراق مزهرة ، وجميع الأشجار والنباتات التى تنمو فى هذا الاقليم دائمة الخضرة ، نظرا لتوفر الحرارة والمياه طوال السنة .

ولا تستطيع الحيوانات الضخمة أن تعيش فى داخل الغابات الاستوائية ، بسبب شدة كثافتها ، لهذا نجد الأنواع الحيوانية تقتصر على الحشرات ، والزواحف ، والطيور ، والقردة ، وهى جميعا تعيش فوق الأشجار وقلما تطأ أرض الغـابة .

وتتميز أشجار الغابة الاستوائية بتعدد أنواعها ، وكثير منها له أهميته من الوجهة الاقتصادية ، ولكن يعوق استغلالها تفرعها ، اذ قلما تتركز مجموعة من الأشجار من صنف واحد فى بقعة معينة ، كما أن اجتياز الغابة من الصعوبة بمكان ، لهذا يعمد الإنسان أحيانا الى ازالة الأشجار الطبيعية ، وتمهيد الأرض واعدادها لغرس أشجار زراعية .

وأشجار الغابة الاستوائية من النوع الصلب . ويعتبر الأبانوس والماهوجنى من اهم أنواع الأخشاب التى يمكن استغلالها من غابات هذا

الاقليم ، وهناك أشجار أخرى ذات اهمية اقتصادية كأشجار الموز والكاكاو والكينا والمطـاط ·

ويسكن هذه الغابات عناصر متأخرة بدائية كجماعات «الفدا» فى جزيرة سيلان ، وعناصر «السيمانج» فى غابات شبه جزيرة الملايو ، والجماعات البدائية فى جزيرة بورنيو ·

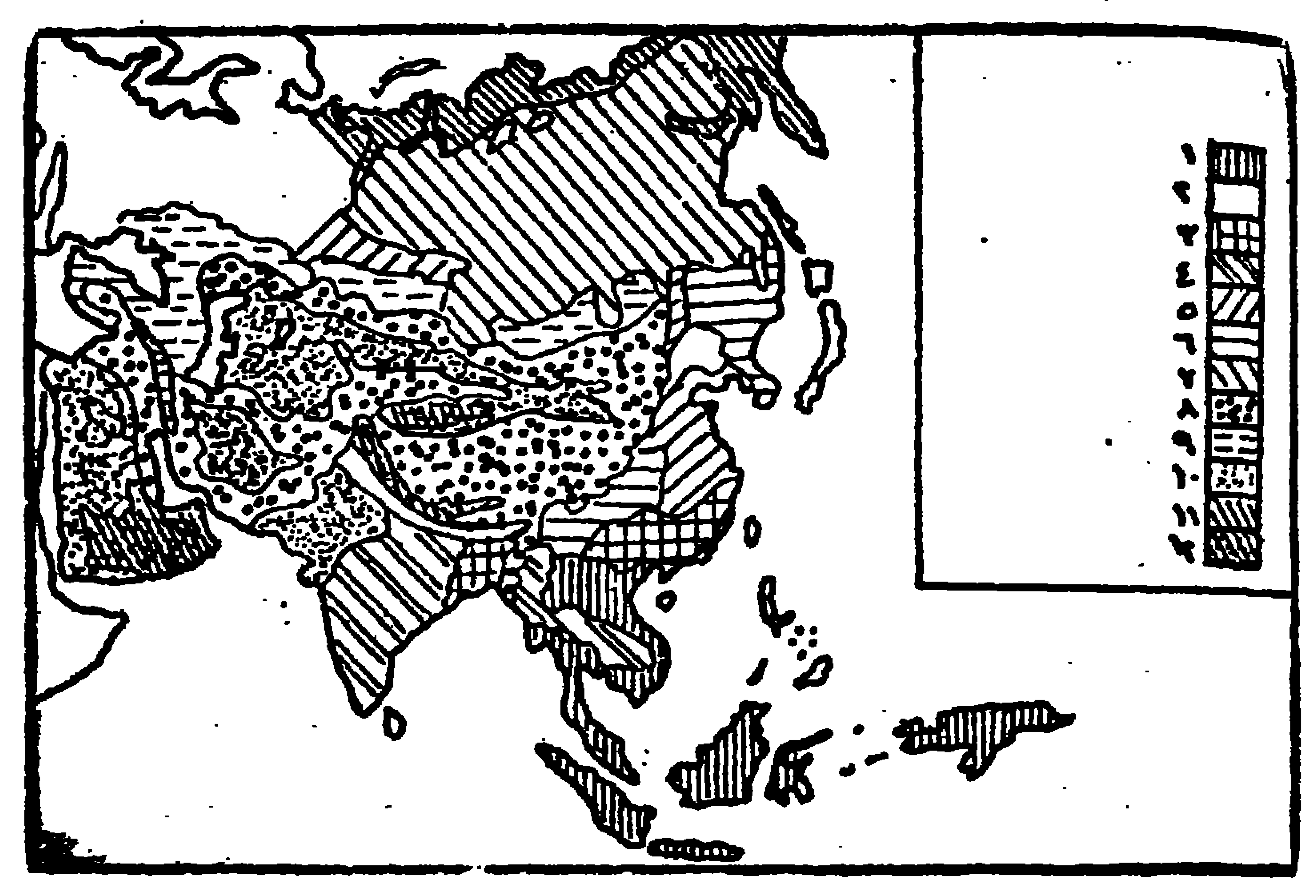
٢ ـ اقليم الغابات الموسمية :

تغطى الغابات الموسمية المطـيرة مساحات واسعة فى الهنـد وبورما والهنـد الصينية ·

وتختلف الحياة النباتية فى هذا الاقليم من منطقة لأخرى ، على حسب كمية الأمطار وطول الفصل المطير ، ولهذا نجد أن الحياة النباتية تتدرج من غابات كثيفة دائمة الخضرة ، لا تختلف كثيرا عن الغابات الاستوائية ، الى غابات نفضية أو شبه نفضية تسقط أوراقها فى فصل الجفاف · فحيث تزيد كمية الأمطار الساقطة على ٢٠٠سم تسود الغابات الدائمة الخضرة العريضة الأوراق · وحيث تتراوح كمية الأمطار الساقطة بين ٢٠٠ـ١٠٠سم تنمو الغابات الموسمية المثالية · وهى عبارة عن أشجار عريضة الأوراق ، تنفضها فى الفصل الجاف · ولهذا فان الغابة الموسمية تبدو أقل اخضرار فى هذا الفصل منها فى الفصل المطير ·

والأشجار هنا تظهر أقل ارتفاعا وتباعدا منها فى الغابات الاستوائية ، ومعظم هذه الأشجار يتفرع قريبـا من سطح الأرض على عكس الأشجار الاستوائية التى تبدو جذوعها الضخمة السميكة عارية من الفروع والأوراق قرب سطح الأرض · وعادة ما تنمو تحت الأشجار حياة نباتية كثيفة من الشجيرات والحشائش والخيزران ، وتبدو الأنواع الشجرية أكثر تركيزا فى هذا الاقليم منه فى اقليم الغابات الاستوائية ، اذ كثيرا ما تتجمع بعض الأشجار من صنف واحد فى بقعة واحدة ، أو قد يشيع وجود صنفين أو ثلاثة من مجموعات متجاورة · وعلى الرغم من هذا فانه يندر أن نجد نوعا واحدا يتصل وجوده فى مساحات كبيرة · والغابة الموسمية على أية حال أقل تنوعا فى أشجارها من الغابة الاستوائية · وأقل كثافة وازدحاما ·

هذا وتشتهر الغابات الموسمية فى الهند الصينية وجنوب الصين بأشجار الخيزران المعروف بشجر «البامبو» ، وأيضا بأشجار الساج أو التيك ، وهى أشجار تنفض أوراقها فى فصل الجفاف ، وتستخدم أخشابهافى صناعة الأثاث·ومن الأشجار الأخرى الهامة من الوجهة الاقتصادية شجر «الشوريا



شكل رقم (١١٠) آسيا : الاقاليم النباتية

١ ـ الغابات المدارية المطيرة ·
٢ ـ الغابات شبه المدارية المطيرة ·
٣ ـ غابات مختلطة شبه نفضية ·
٤ ـ غابات نفضية مدارية جافة ·
٥ ـ غابات نفضية معتدلة ·
٦ ـ غابات مختلطة معتدلة ·
٧ ـ غابات مخروطية ·
٨ ـ أعشاب قصيرة ·
٩ ـ حشائش الاستبس ·
١٠ ـ شجيرات صحراوية ·
١١ ـ اعشاب التندرا والنباتات الالبية
١٢ ـ مناطق خالية من النبات

Shorea »والخشب الصلب Iron wood الذى تشتهر به بورما ، وحيثما تقل الامطار الساقطة فى أراضى هذا الاقليم عن ١٠٠ سم تحل محل الاشجار الموسمية أحراج من الأشجار الشوكية ، اذ لا تكفى هذه الكمية من الامطار لنمو الغابات الموسمية المثالية ، وأهم أشجار هذه الأحراج الشوكية شجر السنط ·

ويقل حجم الأشجار ويزداد تفرقها كلما ازداد الجفاف ، حتى تصبح الغابة أشبه بأحراج فقيرة ، تتناثر فيها شجيرات شوكية ، يتراوح ارتفاعها بين متر وثلاثة أمتار · وفيما بين هذه الشجيرات توجد مساحات فسيحة من الأرض تخضر وتينع ، وتغطيها الحشائش والأعشاب أثناء شهور المطر ، وتصبح جرداء مقفرة من النبات خلال الفصل الجاف الذى يطول ويمتد على مدى ستة أشهر تقريبا ·

وتتميز السواحل الرملية المنخفضة فى أراضى الاقليم الموسمى فى آسيا بنمو غابات كثيفة من أشجار المانجروف Mangrove والجزورينا Gasurrine وهى اشجار دائمة الاخضرار ، وهى تتميز بكثرة فروعهـا ، وبأوراقها المستطيلة الملساء ، ويبلغ ارتفاع هذه الأشجار بين ٤ ـ ٦ متر .

٣ ـ اقليم الغابات المعتدلة (الاقليم الصينى) :

تتميز هذه الغابات بنمو اشجار عريضة الأوراق معظمها دائم الخضرة خاصة فى جنوب الصين ، واخشابها صلبة ، وأهم أنواعهـا شجر البلوط الدائم الخضرة ، كما تنمو أشجار الزان Beech والبتولا Birch والجوز .

وتشغل أرض جنوب الصين أيضا غابات يطلق عليها «الغابات المختلطة Mixed Forests ، حيث تختلط الأشجار الدائمة الخضرة ، بكثير من الأشجار الصنوبرية ذات الأوراق الابرية مثل الصنـوبر والشوكران Hemloch ويحدث ذلك على الخصوص فى المنـاطق الردئية التربة ، وأيضـا على منحدرات الجبال . وتشغل اشجار الخيزران مساحات واسعة ، كما ينتشر وجود أشجار Tung أو اشجار الزيت أيضا فى بعض أراضى الصين.وهناك نوع من الشجر تستخرج منه مادة تستخدم فى صنع دهان الأحذية (الورنيش) .

وتسود الاشجار النفضية والغابات الخليط جنوب اليابان وكوريا ، وتتحول الى غابات صنوبرية فى شمال اليابان .

ولما كانت الغابات العريضة الأوراق ، والغابات المختلطة ذات أهمية اقتصادية كبيرة ، فقد استغلها الانسان منذ زمن بعيد ، اذ أنها جميعا تعتبر موردا من أهم موارد الأخشاب ، بسبب جودة اخشابها التى تصلح لبناء السفن وصنع الأثاث ، كأشجار الزان وأشجار الجوز . والواقع أن قيمتها الاقتصادية ليست هى العامل الوحيد فى ازالة الكثير منها ، اذ أن الأقاليم التى توجد بها تعتبر من أكثر أقاليم العالم ازدحاما بالسكان ، لهذا فقد عمد السكان أيضا لازالتها لتحل فى أرضها الزراعة خاصـة زراعة الأرز والشـاى .

٤ ـ اقليم نبات شمال الصين ومنشوريا :

يشغل هذا الاقليم غابات معتدلة باردة ، تختلط فيها الغابات النفضية بالغابات الصنوبرية .وعلى الرغم من أن هذه الغابات قد أزيلت من مناطق كثيرة ، الا انها ماتزال تشغل مساحات فسيحة فى شرق آسيا فى منشوريا واليابان وشمال الصين ، خاصة فى الأراضى المرتفعة ، أما السهول فتغطيها الحشـائش .

وتنفض الغابات النفضية أوراقها فى الشتاء بسبب البرودة ، اذ تنخفض درجات الحرارة الى ما دون خمس درجات مئوية ، وهى تتضمن هنا الكثير من الأشجار ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة كالبلوط والآش Ash والحور Alder والزان • ومن أهم أنواع الأشجار الصنوبرية التى تنمو فى هذا الاقليم شجر الشربين الفضى Silver Fir والصنوبر الأحمر Red Pine واللاريس Larch ، أما أكثر أنواع الأشجار الصنوبرية أهمية من الوجهة الاقتصادية فهى أشجار الصنوبر المنشورى Manshurica pinus •

٥ ـ اقليم نبات البحر المتوسط :

فى المناطق من غربى آسيا خاصة المطلة منها على البحر المتوسط ، والتى تكفى أمطارها لنمو الغابات ، نجد أن معظم الأشجار من الأنواع الدائمة الخضرة ، هذا على الرغم من وجود فصل جاف حار ، هو فصل الصيف • وتتميز هذه الأشجار بقدرتها على التحايل على تحمل الجفاف ، وايقاف أو عرقلة عملية النتح ، التى تتزايد فى فصل الصيف ، وذلك بوسائل مختلفة ، فمنها ما يتصف بالأوراق الصغيرة الابرية ، كأشجار الصنوبر والأرز ، ومنها ما يغطى جذوعه بلحاء سميك يحول دون نفاذ المياه بالتبخر كاشجار الفلين •

وتنمو هناك أيضا أشجار الزيتون باوراقها الصغيرة الخضراء الرمادية ، التى تغطيها شعيرات ملساء ، كما توجد أشجار البرتقال بأوراقها الشمعية ، وأشجار الكروم التى تضرب بجذورها فى باطن التربة • وينمو فى هذا الاقليم أيضا أنواع من أشجار البلوط دائمة الخضرة • وفى بعض مناطق هذا الاقليم تنمو أحراج كثيفة تتخللها أشجار قصيرة • وتغطى الأرض أحيانا بحشائش وأعشاب ، خاصة حيث يقل المطر أو تنعدم التربة الجيدة •

٦ ـ اقليم نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة :

انه من الصعب تمييز أنواع النبات الطبيعى فى الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة فى قارة آسيا ، ولكن يمكن القول عامة بان الأنواع النباتية كلها فقيرة ومجدبة ، ويختلف نوع النبات من بقعة الى أخرى ، بحسب موقعها من النوع النباتى أو الاقليم النباتى القريب اليها • وفى آسيا ينبغى أن نفرق بين الصحارى القاحلة تماما ، مثل الأراضى الداخلية من حوض تاريم وصحراء الربع الخالى بجنوب شبه الجزيرة العربية ، وبين الصحارى الأخرى التى تسودها حياة نباتية ، وخاصة حيث تجود السماء بمياه وفيرة فى بعض السنين •

والفصائل النباتية هنا من النـوع الذى يمكنه أن يتحمل الجفـاف الشديد ، وتتحايل النباتات على الجفاف بطرق شتى : فبعضها يخزن المياه فى جذوره ، أو أوراقه وسيقانه ، مثل نبات الصبر والصـبير ، وبعضها قصير العمر يمكنه أن يتم نموه ونضجه فى فترة قصيرة جدا قد لا تزيد على شهر واحد ، حين يسقط المطر ، ثم يجف ويموت تاركا بـذوره مدفونة بالأرض حتى تسقط الأمطار مرة أخرى ، فينمو من جديد ، ومنها مايضرب بجذوره فى أعماق التربة ليصل الى مستوى الماء الباطنى ، ويستفيد من رطوبة الأرض ، مثل أشجار السنط ذات الأوراق الشوكية ٠

٧ ـ اقليم الاستبس (حشائش العروض الوسطى) :

تنمو حشائش الاستبس فى جنوب غربى سيبيريا ، وكذلك على هوامش المناطق الصحراوية فى هضبة منغوليا ، كما تظهر أيضا فى الأراضى السهلية فى وسط منشوريا ، وتتـدرج الى شريط غنى من الحشائش البستانية ، وهى الاستبس التى تتخللها الأشجار ، وهذا الشريط يمثل منطقة الانتقال الى اقليم الغابات الصنوبرية ٠

وتتميز حشائش الاستبس بقصرها وليونتها وخضرتها ، مما يجعلها غذاء صالحا لتغذية الأغنام والماشية ٠

ولما كانت درجة الحرارة فى الشتاء منخفضة ، اذ يهبط معدلها الى حوالى درجة التجمد ، فان الحشائش تجف وقد تموت نهائيا ، أو قد تبقى فى حالة سكون حتى نهاية الشتاء ٠ وحين يبدأ الفصل الدافىء ، وهو الفصل الذى تسقط فيه الأمطار أيضا ، تينع الحشائش وتنمو وتخضر من جديد ٠

٨ ـ اقليم الغابات الصنوبرية :

تمتد الغابات الصنوبرية فى شكل نطاق طويل فوق أراضى سيبيريا فى شمال آسيا ، وتتدرج الغابات الصنوبرية نحو الشمال ، فتتناقص كثافتها ويضمحل حجم أشجارها كلما اقتربنا من اقليم التندرا فى شمالها ٠ ويطلق اسم التاييجا على الغابات الصنوبرية التى تمثل مرحلة الانتقال بين الأشجار الصنوبرية الضخمة فى الجنوب ، وبين اقليم التندرا القاحل فى الشمال ٠ ومع هذا فكثيرا ما يطلق الاسـم على كل نطاق الغابات الصنـوبرية فى شمال آسيـا ٠

وتتميز الأشجار الصنوبرية بعظم ارتفاعها ، واعتدال سيقانها ، كما تتميز بشكلها المخروطى ، وباوراقها الابرية التى لا تنفضها فى أى فصل من

فصول السنة . وأهم أنواع الأشجار التى تنمو فى الغابات الصنوبرية هى : الشربين Fir ، والصنوبر Pine ، والشوكران ، واللاريس ، وهى جميعا ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

وعلى الرغم من أن هذا الاقليم فى آسيا يعتبر أكبر منطقة فى العالم تغطيها الأشجار الصنوبرية ، الا أنه لم يستغل الا قليلا . ويرجع تأخر استغلاله الى وجود صعوبات كثيرة أهمها : قلة السكان ، وقسوة الظروف المناخية ، وكثافة الغابات ، وصعوبة اختراقها . وبينما تستخدم الأنهار لنقل الأخشاب فى شمال أوروبا ، نجد أنهار سيبيريا عديمة الفائدة من هذه الوجهة ، اذ أنها تتجه شمالا وتصب فى المحيط المتجمد الشمالى .

وتتميز هذه الانهار أيضا بتجمدها فى فصل الشتاء ، وفى الفصل الدافىء يذوب الجليد فى مجاريها العليا قبل جليد مجاريها الدنيا ، ويترتب على ذلك احتباس المياه أمام الجليد ، ثم فيضانها على الجوانب ، فتتكون المستنقعات التى تغطى مساحات شاسعة من أراضى الغابات الصنوبرية ، ويترتب على ذلك أن تؤثر المياه تأثيرا سيئا على أخشاب الشجر مما يقلل من قيمته الاقتصادية .

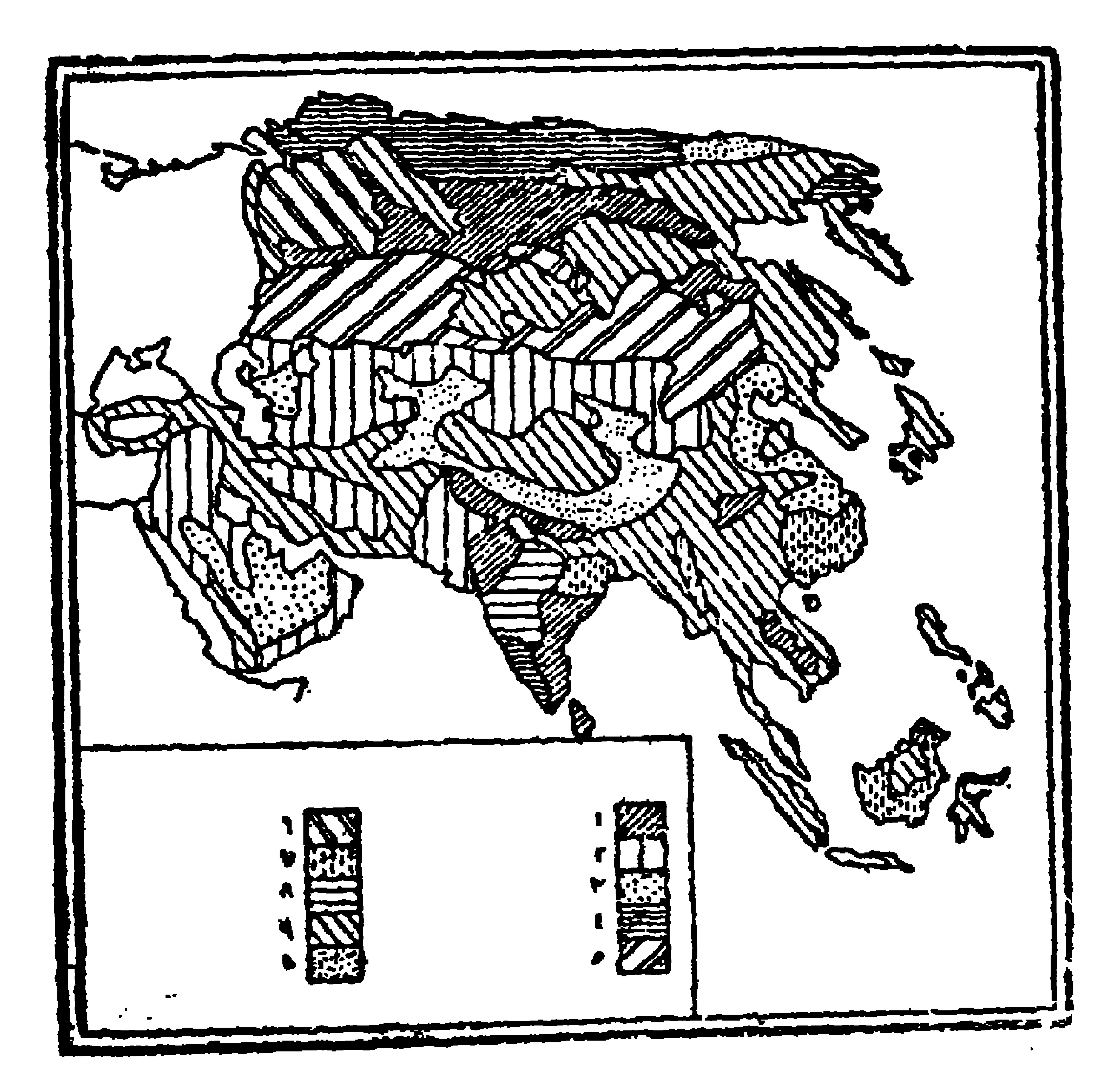
٩- اقليم التنــــدرا :

يمتد هذا الاقليم الى الشمال من اقليم الغابات الصنوبرية فى آسيا ، والانتقال بينهما يكون تدريجيا ، اذ بالاتجاه صوب القطب تقل كثافة الغابات الصنوبرية ، ويتضاءل حجم أشجارها ، حتى تصل الى نطاق من الصحارى الباردة يغطيها الجليد معظم شهور السنة .

وفى الفصل الدافىء ، الذى لا يتجاوز شهرين أو ثلاثة ، تنمو حياة نباتية فقيرة ، تقتصر على الأعشاب والحشائش ، وفى أراضى المستنقعات تنمو الطحالب Mosses وحشائش البحر Lichens . وهنا وهناك تنمو بعض الأشجار المتفرقة كأشجار الصفصاف . أما فى الأراضى المحمية المعرضة لأشعة الشمس ، فتنمو الأزهار المختلفة الألوان .

وتتميز كل هذه النباتات بجذور قصيرة لا تستطيع التعمق فى باطن التربة المتجمدة ، اذ أن دفء الصيف القصير لا يستطيع اذابة سوى الجليد السطحى ، بينما تبقى التربة السفلى متجمدة .

وتتناقص الحياة النباتية تدريجيا وتضمحل ، كلما اتجهنا شمالا ، حتى تتلاشى تماما فيما يعرف بالصحارى الجليدية ، أو نطاق الجليد الدائم .



شكل رقم (١١١) آسيا : أنواع التربة

١ ـ تربات البودسول فى العروض الوسطى .
٢ ـ تربات صحراوية وحمراء .
٣ ـ تربات رملية .
٤ ـ تربات التندرا .
٥ ـ تربات التشرنوزم والتربات القسطلية والبنية .
٦ ـ تربات غير مصنفة (فى العروض العليا) .
٧ ـ تربات بودسولية مختلطة بتربات لاتيريتية حمراء .
٨ ـ تربات صلصالية سوداء .
٩ ـ تربات جبال .
١٠ ـ مناطق صخرية جرداء أو عليها طبقة رقيقة جدا من التربة .

الفصل العشرون

النبات الطبيعى والاقاليم النباتية

بقـــارة أفريقيـا

١ ـ اقليم الغابات الاستوائية .

٢ ـ اقليم الغابات المعتدلة .

٣ ـ اقليم السافنا العالية (الغنية أو الغابية) .

٤ ـ اقليم السافانا المكشوفة (المتوسطة) .

٥ ـ اقليم السافانا الفقيرة (القصيرة).

٦ ـ اقليم النباتات الصحراوية .

ينقسم النبات الطبيعى الى ثلاث مجموعات رئيسية : هى مجموعة الغابات ومجموعة الحشائش ثم مجموعة النباتات الصحراوية • ويتباين توزيع هذه المجموعات فى افريقيا تباينا كبيرا - فتغطى الاشجار نحو ١٨ر٩٪ من مساحة القارة ، وتغطى الحشائش ٤٢ر٪ بينما تغطى النباتات الصحراوية نحو ٣٩٪ من مساحة افريقيا •

وتنقسم مجموعة الغابات فى افريقيا الى الانواع الاستوائية والموسمية والمعتدلة ، ومجموعة الحشائش الى أنواع السفانا والحشائش المعتدلة ثم النبات الصحراوى •

١ـ اقليم الغابات الاستوائية :

ينتشر وجودها فى ساحل غانة وحوض الكنغو والساحل الشرقى الاستوائى ، من دائرة الاستواء الى دائرة عرض ١٠° جنوبا • وبسبب الظروف المناخية المواتية ، من حرارة مرتفعة وأمطار دائمة ، فان أشجار الغابة الاستوائية دائمة الخضرة • وهى أشجار ضخمة طويلة ، يصل ارتفاعها الى أكثر من ٥٠ مترا (نحو ٣٠٠ قدم) ، واغصانها متشابكة لدرجة أنها تشكل أكثر من غطاء فوق أرضية الغابة ، كل غطاء منها يتناسب مع أطوال الأشجار • وتنمو بالغابة نباتات طفيلية ، وأخرى متسلقة تنفذ من خلال الثغرات بين الأشجار الضخمة لكى تصل الى ضوء الشمس ، وهى من كثرتها تسد المنافذ خلال الغابة • والغابة لهذا مظلمة ، ويصعب اجتيازها ، وتكثر بها المستنقعات والمياه الراكدة وهواؤها غير صحى •

وتضم الغابة الاستوائية عددا كبيرا من أنواع الأشجار ، وتتعدد الأنواع فى المكان الواحد ، حتى لتصل الى ٣٠ نوعا فى الفدان الواحد • وهذا التنوع يؤدى الى صعوبة استغلالها ، ولولا وجود أنواع ذات قيمة اقتصادية كبيرة لتوقف استغلال اشجارها الطبيعية • وأهم أنواع الأشجار القيمة هى المطاط ونخيل الزيت والكابلى والأبنوس والساج والكاكاو والكولا (نوع من البندق الافريقى) وجوز الهند والموز والمانجو والساجو (وهو نوع من النخيل الاستوائى) •

هذا وقد حاولت الدول الأوربية لتغلب على ما بالغابة الاستوائية من صعاب وتمكنت من استغلال أجزاء منها ، فاعتنت بقطع المناطق الحارة

غابات مدارية مطيرة (استوائية)
غابات مدارية - سافانا
سافانا رطبة (بستانية)
سافانا جافة
استبس مداري + شبه صحراوي
صحراء
حشائش وغابات جبلية
نباتات البحر المتوسط

شكل رقم (١١٢) الأقاليم النباتية لأفريقيا



شكل رقم (١١٣) الغـابة الاستوائية

للتغلب على الأمراض ، وشقت بها طرقا لدا. خيراتها ، كما أزالت غابات مساحات عديدة منها خلال عدة أجيال ، وزرعت مكان الأشجار الطبيعية المتفرقة ، مزارع لنخيل الزيت الذى ينتشر الآن ويسود جنوب نيجيريا والكاميرون .

هذا وتزخر غابة افريقيا بالزواحف والأفاعى فى داخلها ، وبالحيوانات المتسلقة كالقردة والنسانيس ، والطيور ذات الريش الجميل التى تسكن الأغصان كالببغاء . وفى مياه المجارى المائية تمرح السلحفاء المائية وفرس النهر .

٢ ـ اقليم الغابات المعتدلة :

وتنمو على الخصوص فى الأراضى التى تتميز بمناخ البحر المتوسط ، الحار الجاف صيفا ، والدافىء والممطر شتاء ، وذلك فى جبال أطلس ، وفى اقليم الكاب . وهى أشجار دائمة الخضرة أهمها الزيتون ، وشجيرات صغيرة ذات جذور طويلة لتصل الى الماء الجوفى فى موسم الجفاف الصيفى ، وتدعى فى أوربا (فرنسا) باسم الماكى Maquis . وفى المستويات العالية من الجبال تنمو أشجار البلوط والفلين وشجر الأرز المخروطى .

وقد بلغ الانسان درجة كبيرة من استثمار أراضى الغابات المعتدلة ، فقطع الكثير منها ، وأخلى مساحات كبيرة لزراعات مناسبة كالكروم والتين والموالح والزيتون ، كما زرع الفواكه الجافة كاللوز والجوز ، والأشجار ذات القيمة الاقتصادية كالفلين ، والنباتات العطرية ، فضلا عن الحبوب وأخصها القمح والشعير ، ثم الخضروات .

٣ ـ اقليم السفانا العالية (الغنية أو الغابية) .

تسود السفانا العالية فى هضبة البحيرات الاستوائية وفى جنوب السودان. حيث تقل الحرارة نوعا (فوق الهضبة) أو حيث تتعرض المنطقة لفصل جفاف . وتشتد كثافة السفانا ، ويزداد علوها كلما اقتربنا من الغابات الاستوائية ، كما تزداد أعداد الأشجار التى تكتنفها وتتداخل فيها فى نفس الاتجاه . وما تزال الحشائش العالية هى المظهر النباتى السائد ، ولذا تسمى أحيانا **بالسفانا البستانية** . وعلى ضفاف المجارى المائية التى تشق طرقها خلال السفانا تنمو الأشجار الضخمة وتتشابك فوقها مكونة لما يشبه الأروقة أو الدهاليز ، لهذا تسمى **بغابات الدهاليز** .

والنمو النباتى سريع عقب سقوط الأمطار ، حتى ليصل طول النبات اكثر من المترين . لكن الحشائش تجف وتحترق فى موسم الجفاف .



شكل رقم (١١٤) سفانا غنية عالية تتخللها أشجار (سفانا بستانية)

والحشائش ذات قيمة اقتصادية محدودة ، فهى خشنة وقليلة الأهمية كغذاء للماشية . ويعيش فى نطاق السفانا العالية الأسد والنمر ، والفيل والفهد ، والجاموس البرى ، والخرتيت ، والبقر الوحشى .

٤ ـ اقليم السفانا المكشوفة (المتوسطة) :

وهى حشائش متوسطة الطول ، يقل فيهـا النمو الشـجرى . وهنا وهناك تنمو أشجار من عائلة السنط . وينتشر وجودها فى موسم المطر فوق مساحات كبيرة من القارة من السنغال حتى القرن الافريقى وجنوب أفريقيا . والأشجار شوكية فى الغالب وغير طويلة . وفى موسم المطر يخضر الاقليم ، وتمرح فيه أعداد كبيرة من الحيوانات كالزراف وحمر الوحش والوعول والأسود . والحشائش ذات قيمة غذائية محدودة . ونظرا لجودة التربة ، فان أراضى السفانا المكشوفة تزرع بالحبوب خصوصا الذرة والدخن وكذلك الفول السـودانى .

٥ ـ اقليم السفانا الفقيرة (القصيرة) :

تسود النطاق الانتقالى الى الأراضى الصحراوية . وهى عبـارة عن حشائش قصيرة ، تزركشها أشجار شوكية أشهرها أشجار السنط الذى ينتج الصمغ (العربى) . وموسم نموها محدود ، لكنها ذات أهمية خاصة للرعى



شكل (١١٥) سفانا تتخللها اشجار شوكية فى الجهات التى أمطارها ٥١مم



شكل رقم (١١٦) سفانا شوكية

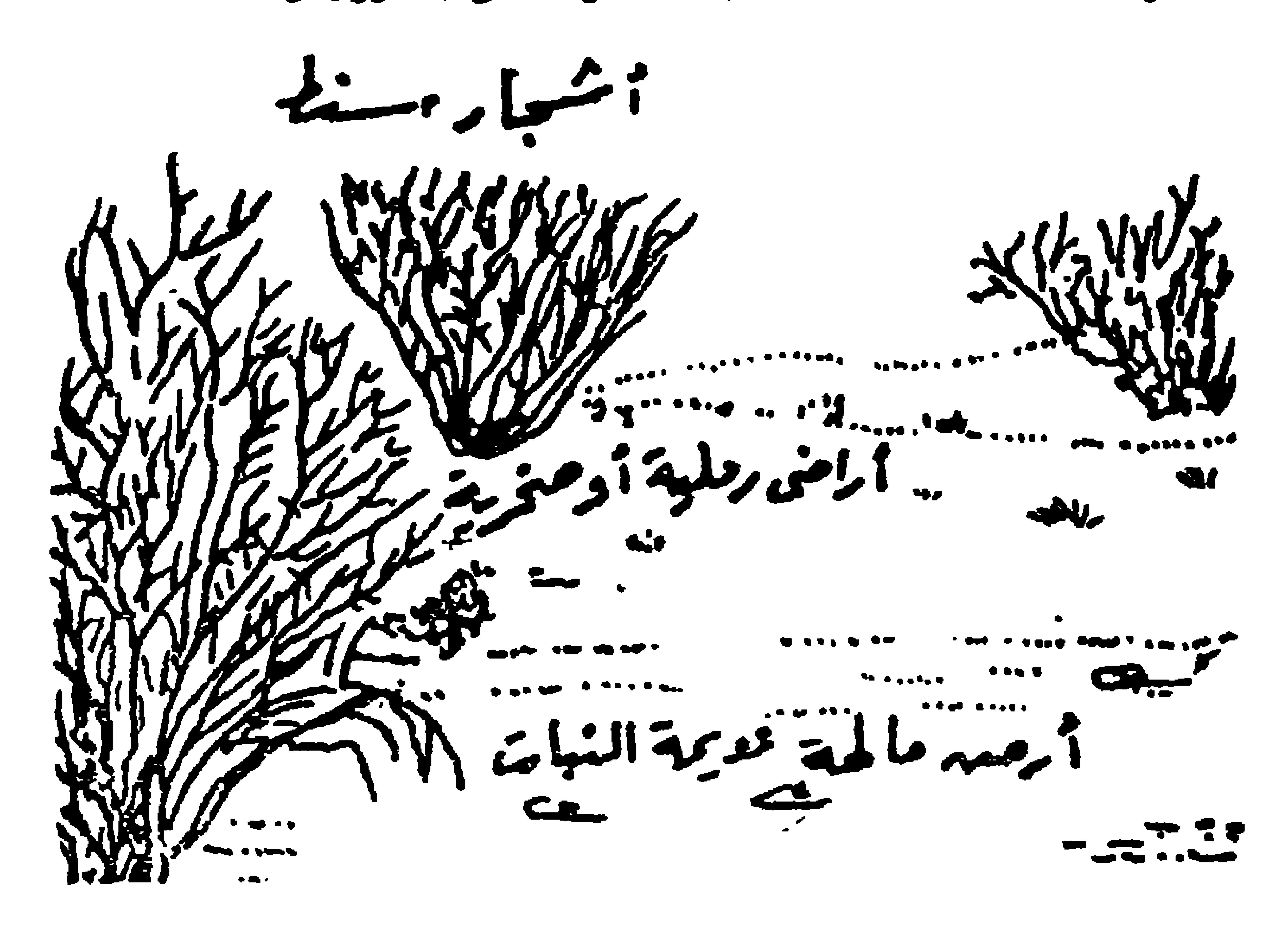
تنمو فى تربة صلصالية سوداء تسود أراضى منبسطة فى جنوب كينيا وتنزانيا

سواء على هامش الصحراء الكبرى أو فى هوامش القارة الشرقية والغربية. والحيـوان البرى يتمثل فى النعـام والغزال . وللاقليم مسـتقبل طيب خصوصا فى السودان فى أراضى الجزيرة وكسلا وطوكر حيث تستخدم وسائل الرى لزراعة المحصولات الحارة وخصوصا القطن .

٦ ـ اقليم النباتات الصحراوية :

هى نباتات قصيرة وهزيلة وتنمو مبعثرة ، وتتجمع حيثما سمحت الظروف بكمية من الامطار . وقد تنمو أشجار السنط عند أطراف الصحارى فى بيئة تنبت بها أعشاب شوكية . وهذه وتلك تتحايل على ظروف الجفاف بطرق شتى . فبعضها يضرب بجذوره الطويلة فى الأرض كالنخيل، أو تكون

سميكة الأوراق كالتين الشوكى والصبير ، أو تكون ابرية الأوراق كالشوك. وفى داخل الصحراء الكبرى نجد مساحات شاسعة تخلو تماما من النبات ، خصوصا حيثما سادت بحار الرمال التى تسمى بالعروق والأدهان .



شكل رقم (١١٧) نباتات شبه صحراوية

وحيثما تتوفر بعض النباتات فى المنخفضات وبطون الأودية يرعى الانسان الابل والأغنام والماعز ، كما يشتغل بالزراعة فى الواحات معتمدا على مياه العيون والآبار ، وأهم المزروعات الشعير والنخيل والزيتون وبعض الفـواكه .

وقد تمكن الانسان من توصيل المياه الى بعض المناطق الصحراوية ، كتوصيل مياه النيل الى مديرية التحرير فى غرب الدلتا ، والى جنوب الساحل الشمالى الغربى بمصر . وحفر الآبار الارتوازية للاستفادة من الماء الباطنى فى رى مشروعات زراعية فى قلب الصحراء مثل مشروع الوادى الجديد فى واحـات مصر الغربية ، ومشروعات واحـات الكفرة والجفرة ومنطقة فزان بليبيـا . وتمكن الانسان من استغـلال المخزون المعـدنى بالصحارى الافريقية ، فاستخرج النحاس من صحراء كلهارى والفوسفات والحديد وزيت البترول من الصحراء الكبرى فى دول المغرب العربى وليبيا ومصـــــر .

الجزء الخامس

مناخ ونبات العالم العربى

دراسـات تطبيقية

الفصل الواحد والعشرون : المناخ والأقاليم المناخية بالعالم العربى .

الفصل الثانى والعشرون : النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربى .



الفصل الحادى والعشرون

المناخ والأقاليم المناخية بالعالم العربى

- الخصائص العامة وعلاقتها بالتيار النفاث دون المدارى .
- الخصائص العامة .
- التيار النفاث وعلاقته بانتقال النطاقات المناخية فى العالم العربى .
- التيار النفاث وعلاقته بالأعاصير .
- انماط أعاصير العالم العربى .
- كتل الهواء على العالم العربى .
- الضغط والرياح : فى الصيف ، فى الشتاء .
- الحرارة : فى الصيف ، فى الشتاء .
- المدى الحرارى السنوى .
- التباين المتيورولوجى المحلى .
- الرطوبة على مدار السنة .
- الأمطار : صيفا وشتاء .
- الأقاليم المناخية :
  ١ ـ البحر المتوسط .
  ٢ ـ المناخ الجاف .
  ٣ ـ المناخ شبه الجاف :
    أ ـ شبه الجاف الممطر شتاء .
    ب ـ شبه الجاف الممطر صيفا .
  ٤ ـ المناخ المدارى الممطر صيفا :
    أ ـ المناخ السودانى .
    ب ـ المناخ شبه الموسمى .
  ٥ ـ مناخ شبه الموسمى الممطر شتاء .

الخصائص العامة وعلاقتها بالتيار النفاث دون المدارى

الخصـــائص العــامة :

فوق أراضى العالم العربى الشاسعة المساحة ، والمترامية الأطراف ، لا يمكن أن نتوقع شيوع نظام مناخى واحد . ورغم هذا فالعالم العربى يمثل نطاقا انتقاليا بين المناخات الاستوائية ومناخات العروض الوسطى . وتتصف العروض دون المدارية ، التى يشكل العالم العربى قسما كبيرا منها بخاصية يتميز بها وهى سيادة الجفاف ، فالمطر قليل جدا ، سواء فوق المحيطات واليابس . ومادام الجفاف سائدا فوق اليابس والمحيط ، فلابد أن يكون هنالك سببا يمنع التساقط ، خاصة وأن المياه متوفرة لامداد الجو بالرطوبة اللازمة . ويبلغ مقدار التبخر السنوى من مياه المحيطات أكثر من ٢٠٠ سم ، مما يجعل أجواء هذه المسطحات المحيطية أهم مصــادر امداد الغلاف الجوى بالرطوبة . وحينما نأخذ فى الحسبان هذه الحقائق، فاننا لا نشك فى أن جفاف مناطق العروض دون المدارية يرجــع لعوامل ديناميكية ذات ارتباط وثيق بالدورة الهوائية العامة . ويمكننا أن نعزو هذه الظاهرة لعدد من العوامل التى تساعد فى تفسير جفاف النطاق دون المدارى ، وليس من الصعب أن نحدد عاملا واحدا له اليد الطولى ، أن لم تكن له السيطرة الكاملة على النظام كله .

ذلك أن معظم النطاق المدارى يتميز بتفرق الرياح على سطح الأرض فى المستويات السفلى للغلاف الجوى . ويترتب على ذلك التقاء هواء فى الطبقات العليا من الجو ، ثم هبوطه الى سطح الأرض فوق النطاق شبه المدارى ، ويتعرض أثناء هبوطه لتسخين ديناميكى ، وهذا من شانه أن يخفض معدلات الرطوبة النسبية ، واحداث ظروف جوية مستقرة.ويترتب على ذلك اضعاف نشاط عمليات الحمل الحرارى ، التى تسبب التساقط ، ومن ثم يسود الجفاف .

ويرتبط بتفرق الرياح السطحية ، وهبوط الهواء من طبقــات الجو العليا ، تشكيل نطاق من الضغط المرتفع حول دائرة العرض ٣٠° ، الذى يفصل بين الرياح التجارية المدارية (الشرقيات المدارية) والرياح الغربية (الغربيات) . ويعزى معظم التساقط المرتبط بكلا النظامين : التجاريات

أو الشرقيات المدارية ، والرياح العكسية (أو غربيات العروض الوسطى) الى الاضطرابات الموجية المتحركة ، التى تلعب دورا حاسما فى توزيع الحرارة، وبخار الماء، وقوة الدفع Momentum (طاقة حركة تنقلها الرياح).

وتتناقص شدة هذه الاضطرابات ، وبالتالى كميات التساقط بالاقتراب من نطاق الضغط المرتفع دون المدارى سواء من جهة الشمال أو من جهة الجنوب • ورغم أن الضغط المرتفع يكون موجودا عند منسوب البحر فوق المسطحات المحيطية ، فانه يكون مرابضا بصورة واضحة فوق اليابس دون المدارى ، لكن فوق ارتفاع يتراوح بين ٢ ــ ٣ كم ، بسبب تاثير تسخين سطح اليابس •

التيار النفاث وعلاقته بانتقال النطاقات المناخية فى العالم العربى :

وينبغى أن نشير الى وجود نطاق من الرياح الغربية الشديدة القوة ، يعرف **بالتيار النفاث دون المدارى** Suptropical Jet Stream يرابض فى الطبقات العليا لجو العالم العربى ، وذلك فوق مستوى هبوب الرياح الخفيفة المتغيرة المصاحبة لنظام الضغط المرتفع دون المدارى الموجود على سطح الأرض • ويمكن تحديد موضع المحور الرئيسى للتيار النفاث الذى عنده تبلغ السرعة أقصاها (أحيانا تصل الى ٥٠٠ كم/ساعة) عند ارتفاع حوالى ١٢ كم ، لكن هذا الموضع ينتقل فوق ١٠ ــ ١٥ درجة عرضية بين الصيف والشتاء ، خاصة فوق القسم الشرقى من العالم العربى • ففى الصيف يتمركز فوق خط يمتد من أواسط بحر قزوين عبر جنوبى اوروبا وشمال البحر المتوسط ، وفى الشتاء ينتقل جنوبا ملازما لشمالى الخليج العربى عبر سيناء وشمال أفريقيا (يصل سمكه نحو ١٠٠٠ متر ، وعرضه بين ٥٠٠ ــ ٦٥٠ كم)

ومن الواضح أن الانتقال الفصلى للتيار النفاث دون المدارى فى العالم العربى ، **يوازى تزحزح** نطاقاته المناخية الرئيسية فيما بين مواضعها الصيفية والشتوية ، وقد تبين من دراسة التيار النفاث أن انتقاله الفصلى بين الموضعين يحدث عادة بصورة مفاجئة • فالموضع الشتوى فوق عروض شمالى الخليج العربى ــ شمالى أفريقيا ، يستمر مدة تتراوح بين ٦ ــ ٧ شهرا ، فيما بين منتصف أكتوبر حتى ابريل • يتلوه انتقال سريع للموضع الصيفى فوق عروض أواسط بحر قزوين ــ جنوب أوروبا ، حيث يرابض بين ٣ ــ ٤ شهرا ، من يونيو الى نهاية سبتمبر •

ولم تعرف أسباب هذا الانتقال السريع لموضع محور التيار النفاث

بصورة مؤكدة . لكن قد تم اكتشاف علاقة بينه وبين الأحوال الجوية الت
يولدها وجود نطاق جبال الهيمالايا العظيم الارتفاع . فلقد تبين من م
الدراسات أن التغير في موضع التيار النفاث ، وما يصاحبه من تغير ...
مفاجيء من الشتاء الى الصيف والعكس ، يرتبط بحركة وانتقال ...
نفاث مداري Tropical Jet Stream من أحد جانبي (شمال أو جنوب) ...
الهيمالايا . ومن الواضح ان جبال الهيمالايا تعرق تحرك محور التيار
النفاث أو تعطله بطريق مباشر أو غير مباشر ، حتى الوصول الى حد
معين ، بعده تحدث حركة مفاجئة سريعة لمحور التيار النفاث الى الجانب
المقابل لسلاسل الهيمالايا ، حيث ينشأ وضع متوازن جديد .

التيار النفاث وعلاقته بالأعاصير :

تتحدد نظم الطقس وأنماطه ، وتتضح ظواهره في العالم العربي بدراسة تتابع المنخفضات الجوية أو الأعاصير التي تمر به . والأعاصير هي اضطرابات موجية تنشأ على طول الجبهة القطبية ، وتفصل بين الكتل الهوائية المدارية والقطبية . وهي تنشأ فوق المحيط الأطلسي الشمالي وفي البحر المتوسط ، وتتحرك نحو الشرق فوق بلدان العالم العربي .

وترتبط الاضطرابات الجوية السطحية بالتيار النفاث ارتباطا وثيقا ، ذلك أن موقع الجبهة القطبية ، التي تتشكل على امتدادها المنخفضات الجوية ترتبط بموضع التيار النفاث . وعلى الرغم من أنه لم يثبت حتى الآن بصورة قاطعة ، أن التيار النفاث هو السبب الرئيسي في تكوين تلك المنخفضات ، فان الثابت أن ذلك التيار يتحكم في اتجاه تلك الأعاصير وحركتها من الغرب الى الشرق ، وفي التعرجات التي تبدو في مسالكها أحيانا ، ولاشك أنها تؤثر في التساقط ، وفي كثير من ظواهر الطقس الاخرى .

ففي فصل الصيف حين يتمركز محور التيار النفاث على امتداد خط أواسط بحر قزوين - جنوب أوروبا ، نرى مسالك الأعاصير تمر ، متفقة مع هذا الامتداد ، شمال جبال بنطس ومرتفعات البورز . ولهذا فان تأثيرها ينعدم على أراضي العالم العربي .

أما في الشتاء فان الحال يختلف تماما ، ذلك أن مسالك الأعاصير تنتقل جنوبا (مع انتقال محور التيار النفاث) فوق البحر المتوسط وأراضي بلدان العالم العربي الشمالية . ولا يتعدى تداخل هذه الأعاصير دائرة العرض ٣٠° شمالا الا قليلا . ويتكرر حدوثها ويزداد بالاتجاه شمالا .

وبالنسبة لبلدان العالم العربي يكون خط الاعصار المار بشمال سورية ،

والعراق ، وجنوب ايران ، هو الأهم ، ذلك أن الاضطرابات الاعصارية التى تحدث على امتداده هى المسئولة عن القسم الأكبر من التساقط فوق أراضيهـــا ٠

انماط أعاصير العالم العربى :

لقد أمكن التعرف على ثـلاثة أنماط من الاضطرابات الاعصـارية فى منطقة العالم العربى هى :

١ ـ النمـط الأول يتمثـل فى أمواج ضحلة تتحرك بسرعة فى أعالى الطبقة السفلى (التروبوسفير) من الغلاف الجوى٠وهى تعبر أراضى العالم العربى بسرعة ، على امتداد دهليز غربى شرقى الاتجاه ، فيما بين دوائر عرض شمالى سـورية والمملكة الأردنية ٠ ويصـل المطر المصـاحب لهذه الاضطرابات ذروته أثناء شهور الشتاء ، ويسقط على الخصوص فى بلدان العرب فى شمال افريقيا (دول المغرب العربى ، ليبيا ، مصر) وفى شمال الجناح العربى الآسيوى (لبنان ، سورية ، الأردن ، العراق) ٠

٢ ـ النمط الثانى : أعاصير مستقرة أو ثابتة Stationary فى مناطق معلومة ، تنشأ نتيجة لوجود قيعان :Troughs (الحركة الموجبة للرياح فى شكل قاع) باردة فى طبقات الجو العليا ٠ وتتمركز افضل مساحة تمثل هذا النمط من الاضطرابات الاعصارية فى جزيرة قبرص ٠ حيث تبطىء الأعاصير المتحركة خلال البحر المتوسط ، وكثيرا ما تصبح جزء من نظـام ضغط منخفض شبه دائم ٠ وتجلب أمثال هذه الأعاصير كميات كبيرة من التساقط على أراضى العالم العربى التى تحف بسواحل البحر المتوسط الشرقية ٠ ويحدث أيضا أن تتحرك هذه الاضطرابات الاعصـارية شرقا ، وتتمركز مرة أخرى فوق سهوب شمال العراق بصورة شبه مستقرة ، حيث تتمكن من جذب هواء رطب من منطقة الخليج العربى ، مسببة لحدوث تساقط على امتداد جبال زاجروس ٠ ويبلغ التساقط المصاحب لهـذه النظم الاعصارية ذروته فى فصل الربيع ٠

٣ ـ النمط الثالث : يعرف أحيانا بالنمط الخماسينى ٠ وتتولد هذه الأعاصير فوق شمال الصـحراء الكبرى الافريقية العربية ، وتتحرك شرقا فوق أراضى بلدان العرب ، وذلك فى أشهر الربيع وأوائل الصيف ٠ ويحدث أحيانا أن تلامس هواء علويا باردا ، فيترتب على ذلك اسقـاط كميات كبيرة من المطر ٠

كتـل الهـواء :

يخضع العالم العربى لتاثير خمسة أنواع من كتل الهواء فى مختلف فصول السـنة ٠

أ - كتل الهواء المدارية القارية ، وهى حارة جدا وجافة . وتسود العالم العربى فى فصل الصيف . وحركة الهواء عمـوما ضعيفة نسبيا فى أنحـاء المنطقة .

٢ - كتل الهواء القطبية البحرية : وهى أهم الكتل الهـوائية التى تؤثر فى مناخ العالم العربى شتاء . وتتولد فوق المحيط الأطلسى الشمالى نتيجة للنشاط الاعصارى . وتحتوى لذلك على كميات كبيرة من الرطوبة وتكون مصدرا لمعظم التساقط الذى يحدث بالمنطقة .

٣ - كتل الهواء القطبية القارية:تنجذب الى المنطقة العربية من شرقى أوروبا وسيبيريا أثناء مرور المنخفضات الجوية . وهى كتل هوائية شديدة البرودة والجفاف . وحين تتحرك خـلال المنطقة العربية تهبط درجات الحرارة بسرعة .

٤ - كتل الهواء المدارى القارى والمدارى الرطب : وهذه تصـاحب القطاعات الدافئة من الاعاصير . وتصدر كتل الهواء المدارى القارى من شمال أفريقيا ، وهى حارة حتى فى الشتاء ، وجافة جدا . وبينما تنبع كتل الهواء المدارى الرطب فى البحر الاحمر ،والخليج العربى،والمحيط الهندى، وهى حارة لكنها رطبة . ويتوقف دخول هذين النمطين من الكتل الهوائية الى أراضى العـالم العربى على شكل ومرحلة نمو الاعصار ، اضافة الى الطريق الذى يسلكه أثناء تحركه شرقا .

٥ - كتل الهواء «البحر متوسطية» : ويمكن تمييز نمط خامس من كتل الهواء التى تهب على أراضى العالم العربى فى فصل الشتاء ، وتدعى أحيانا باسم «كتل هواء البحر المتوسط» . وهى عادة كتل هواء قطبى بحرى تتولد فى شمال المحيط الأطلسى ، وتستقر فوق البحر المتوسط فترة من الزمن . وهى بصفة عامة أكثر اعتدالا من الهـواء القطبى البحرى ، لكنها مثله رطبة ، نظرا لاضافة مزيد من بخار الماء اليها ، أثناء مرابضتها المؤقته فوق البحر المتوسط . وعنـد مرور اعصار ينجذب هـذا الهواء ، وينخرط فى نظام الدورة العامة ،ويتداخل شرقا الى منطقة الخليج العربى، بل الى هضبة ايران أيضا .

الضـغط والريـاح

فى الصـيف :

فى هذا الفصل يتشكل الضغط المنخفض الموسمى المشهور الذى يرابض فوق شبه القارة الهنـدية ، نتيجة للتسخين الشديد الذى يقـاسيه القسم

الجنوبى من قارة آسيا • ورغم أن نطاق الضغط المنخفض الموسمى هذا ضحل،لا يتوغل فى طبقات الجو العليا،فانه دائم مستقر أثناء أشهر الصيف ابتداء من يونيو حتى سبتمبر • ويرابض مركزه الرئيسى فوق شمال غرب الهند وباكستان ، وله امتداد فى جنوب شرق ايران وخليج عمان •

ويمتد تأثير الرياح القوية التى يسببها،والتى تسود جنوب آسيا،قسما كبيرا من أراضى العالم العربى نظرا لأن الضغط المنخفض يمتد ليشمل الخليج العربى والعراق وسوريا ، بل ان انخفاضا جويا ثانويا يتشكل فوق جزيرة قبرص • ويستمر هذا الضغط المنخفض الثانوى طوال أشهر الصيف، ويؤثر بشكل فعال على توزيعات الضغط والرياح فى المنطقة العربية •

وينشأ **المنخفض القبرصى** فى البداية نتيجة للتباين فى درجة تسخين كل من اليابس والماء ، وتبعا لذلك تحدث عمليات تقابل هواء سطحى مايلبث أن يتصاعد الى العلا ، مما يسبب انخفاض الضغط • ويلاحظ أن درجات الحرارة صيفا مرتفعة بالجزيرة بالنسبة لمياه البحر المحيطة بها • ولعل طبوغرافيتها الحوضية الشكل تضيف الى تركيز الحرارة بها ، اذ تجعلها بهيئة عدسة لامة •

ويمتد**الضغط المرتفع الآزورى** فى فصل الصيف،ويتوغل فى اتجاه الشمال عبر بلدان المغرب العربى حتى يصل الى ليبيا ومصر •

وينبغى أن نضيف عاملا أخيرا مهما هو مرابضة **التيار النفاث دون المدارى** فوق بحرى قزوين وآسيا الصغرى : فهو يتسبب فى احداث دوامات هوائية ، جانبية ورأسية ، تدور فى اتجاه عقارب الساعة ، وهذه تدعم وتقوى الرياح الشمالية السطحية ، كما تسهم فى استقرار الجو فى معظم انحاء العالم العربى •

ونتيجة لنظم الضغط المشار اليها تتولد **الرياح الشمالية** ، التى تعرف باسم ايتيسيا Etesian Wind أو ميلتيمى Meltemi وتنمو فوق منطقة ايجه، وتتقدم جنوبا الى مصر وليبيا ، حيث يعززها ويشد من أزرها نهارا نسيم البحر • وبالاتجاه شرقا الى سواحل فلسطين ولبنان وسوريا،يتحول اتجاه الرياح ، فتصير جنوبية غربية ، بسبب تأثير الضغط المنخفض القبرصى ، وهنا أيضا يعاونها ويقويها نسيم البحر ، ومن ثم فانها تصل الى الداخل ، محسوسة فى دمشق ، وعمان ، وحتى بالميرا •

وعلى الرغم من أن هذه الرياح شمالية ، فانها صادرة أصلا من داخلية أوراسيا خاصة من آسيا ، ولهذا فانها جافة ، اضافة الى انها تزداد دفء

بالاتجاه جنوبا ، فلا تسقط مطرا على الاطلاق ، باستثناء منطقة لم تعد قسما من العالم العربى هى لواء الاسكندرونة ، الذى يستقبل قدرا قليلا من المطر الصيفى يقتصر على ساحله،وذلك بفضل مواجهة الجبال للبحر .

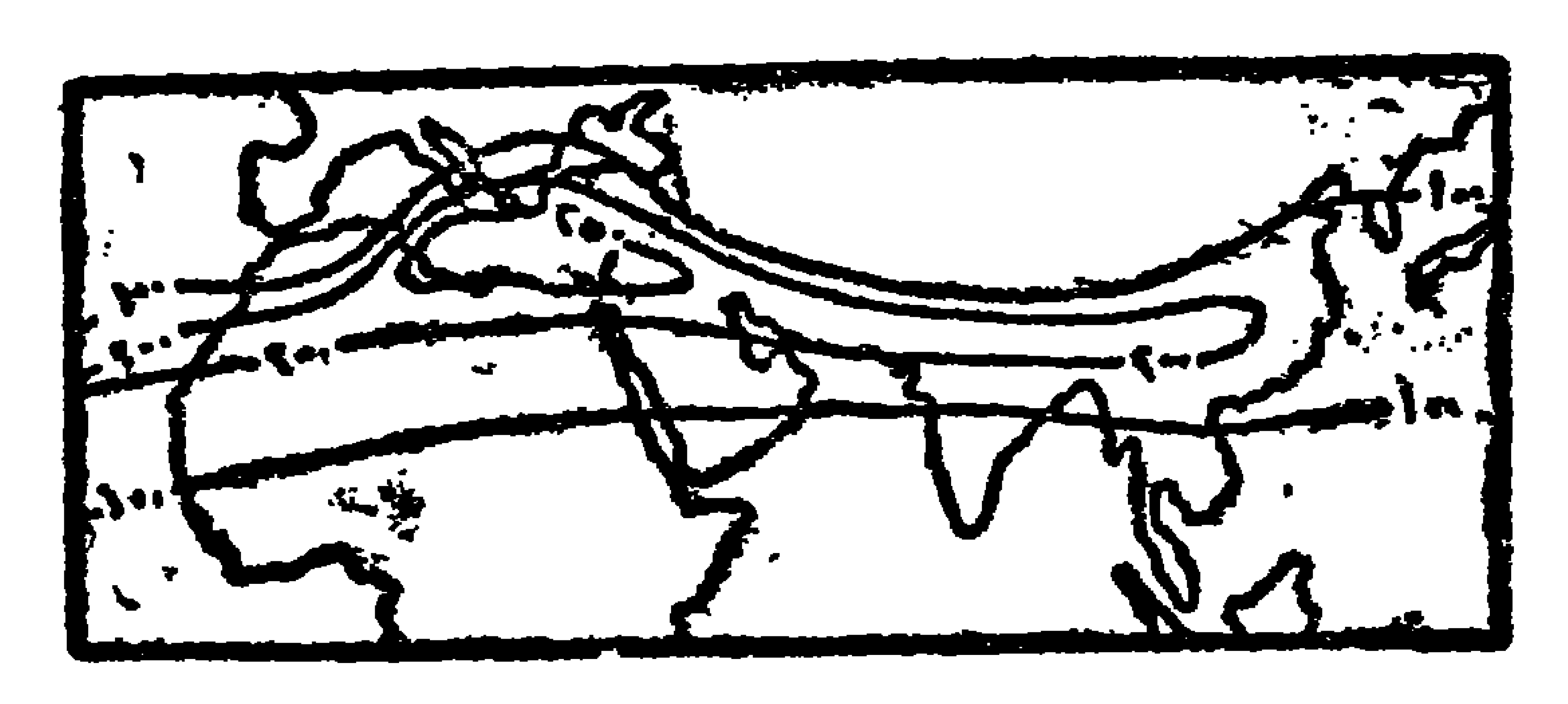
وفى القسم الجنوبى من العالم العربى تصبح الأحوال أكثر تعقيدا . فهنا يظهر تأثير تيار نفاث علوى آخر يسمى التيار النفاث المدارى Tropical Jet Stream يكون اتجاه مساره من الشرق نحو الغرب فوق الهند ، ويعرف باسم كوتيسوارام Koteswaram ، وهو الذى يمارس تأثيرا على القسم الجنوبى من العالم العربى . ويتشكل هذا التيار فيما بين يونيو واغسطس ، ويهب من الشرق قويا وعلى ارتفاع يتراوح بين ١٠ ــ ١٥ كم. وتحت هذا التيار ، فى المستويات السفلى تجرى الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، التى هى فى الأصل رياح تجارية جنوبية شرقية فى جنوب دائرة الاستواء ، والتى تعبره فتنحرف الى يمين اتجاهها الأصلى فتصير جنوبية غربية . وذلك نتيجة لهجرة خط الإستواء الحرارى شمالا ، وما يتبعه من انتقال التيار النفاث دون المدارى (الغربى) الذى يكون مرابضا فى الأجواء العليا لشمال الخليج العربى وسيناء ومصر .

وتبعا لهذا وذاك ينشأ فى الصيف التقاء رياح فى المستويات السفلى للغلاف الجوى : رياح شمالية وشمالية شرقية جافة ، مع رياح جنوبية غربية رطبة خارجة من المحيط الهندى،وينشأ فى نطاق تقابلهما ما يعرف بالنطاق البيمدارى (الاستوائى) لالتقاء الرياح Ontertropical Convergence Zone.

وفوق هذا النطاق فى طبقات الجو العليا يجرى التيار النفاث الشرقى، الذى يصحبه الكثيرمن الاضطرابات والدوامات الهوائية . وينشأ عن هذا كله.ما يسمى «الخلية» الموسمية Monsoonal Cell فى شمال المحيط الهندى. وحيثما وجدت تضاريس مرتفعة فى مجال الخلية الموسمية ، قادرة على رفع الهواء الى العلا ، مثل هضبة اثيوبيا ، وهضبة اليمن ، ومرتفعات عسير ، فان كميات كبيرة من الأمطار الصيفية تتساقط فوقها . وينشأ هذا المطر من تكاثف بخار الماء الذى تحمله التيارات الهوائية الجنوبية التى تجرى فوق التيارات الهوائية الشمالية الجافة ، وبتأثير التيار النفاث الذى يحدث عمليات خلط ودواعات هوائية تجذب المزيد من الهواء الرطب من المحيط الهندى ، وهو الذى يجلب المطر الصيفى لاثيوبيا وجنوب السودان واليمن وعسير كما أسلفنا .

ولعل هذا يفسر قلة المطر الصيفى أو انعدامه فى السهول الساحلية المنخفضة المشرفة على البحر الأحمر وخليج عدن من جهة ، وكثرته فوق

الجبال العالية بالداخل حيث قد تصل الكمية الى نحو ٢٠٠ سم ، وقد ازداد الاقتناع بصحة هذا التفسير فى العقدين الأخيرين ، ولم يعد أحد يأخذ بالرأى القديم القائل بأن سبب المطر الصيفى فى شرقى أفريقيا (جنوب السودان والحبشة) وجنوب شبه الجزيرة العربية (اليمن وعسير) هو تيار هوائى غربى علوى يأتى من خليج غنيا (أو رياح موسمية جنوبية غربية آتية من المحيط الأطلسى كما كان الرأى السائد فيما مضى)٠



شكل (١١٧) متوسط سرعات الرياح عند مستوى ٢٠٠ ملليبار (كم/ساعة) أثناء الشتاء (يناير)٠ويتضح نمو التيار النفاث فوق منطقة البحر المتوسط

فى الشـــتاء :

يرتفع الضغط فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى فوق داخلية القارة الاسيوية ، ويمتد منه لسان يغطى ايران ٠ كما ينشأ فوق آسيا الصغرى بسبب ارتفاعها وبرودتها ضغط مرتفع صغير الحجم ومتقطع ولا يقارن بطبيعة الحال بالضغط المرتفع السيبيرى الهائل ٠

وفى هذا الفصل يرابض التيار النفاث دون المدارى الغربى فوق غالب أراضى العالم العربى ، وتكون سرعته كبيرة جدا ، أما محوره فيتمركز حينئذ فوق سواحل البحر المتوسط الجنوبية ٠ ويلائم وضعه هذا تشكيل نطاقات ضغط منخفض صغيرة (منخفضات جوية) فى طبقات الجو السفلى٠ وتبعا لذلك يتميز الشتاء بتتابع مستمر لأحوال اعصارية مضطربة ، يقطعها بين الحين والآخر ، تشكيل ضغوط جوية مرتفعة مؤقتة فوق آسيا الصغرى وجنوب غرب آسيا ٠ وفى ذات الوقت لا يكون للتيار النفاث المدارى الشرقى وجود ، وهو التيار الذى يرابض فوق الهند صيفا (اذ ينتقل الى شمال الهيمالايا)،وتبعا لذلك لا يحدث التقاء أهوية بشكل محسوس،فلا يسقط سوى مطر قليل جدا على جنوب السودان وجنوب شبه الجزيرة العربية ٠

وتتشكل منخفضات جوية (أعاصير) فوق المحيط الأطلسى،وتدخل الى

البحر المتوسط من خليج بسكاى بموازاة جبال البرانس وخلال ثغرة كاركاسون ، ومن خلال مضيق جبل طارق وعبر المغرب العربى ، ويتجدد شباب هذه الأعاصير فى غربى البحر المتوسط ، حيث يقويها ، عدا البحر، التيار النفاث العلوى ، الذى يقودها ويوجهها أيضا فى مسارات معلومة عبر البحر المتوسط الى أرمينيا ، وايران فالخليج العربى ثم الى باكستان. ويتحرك قليل من هذه الأعاصير جنوبا على طول البحر الأحمر مسببا لسقوط أمطار شتوية قليلة فوق الأراضى المطلة عليه .

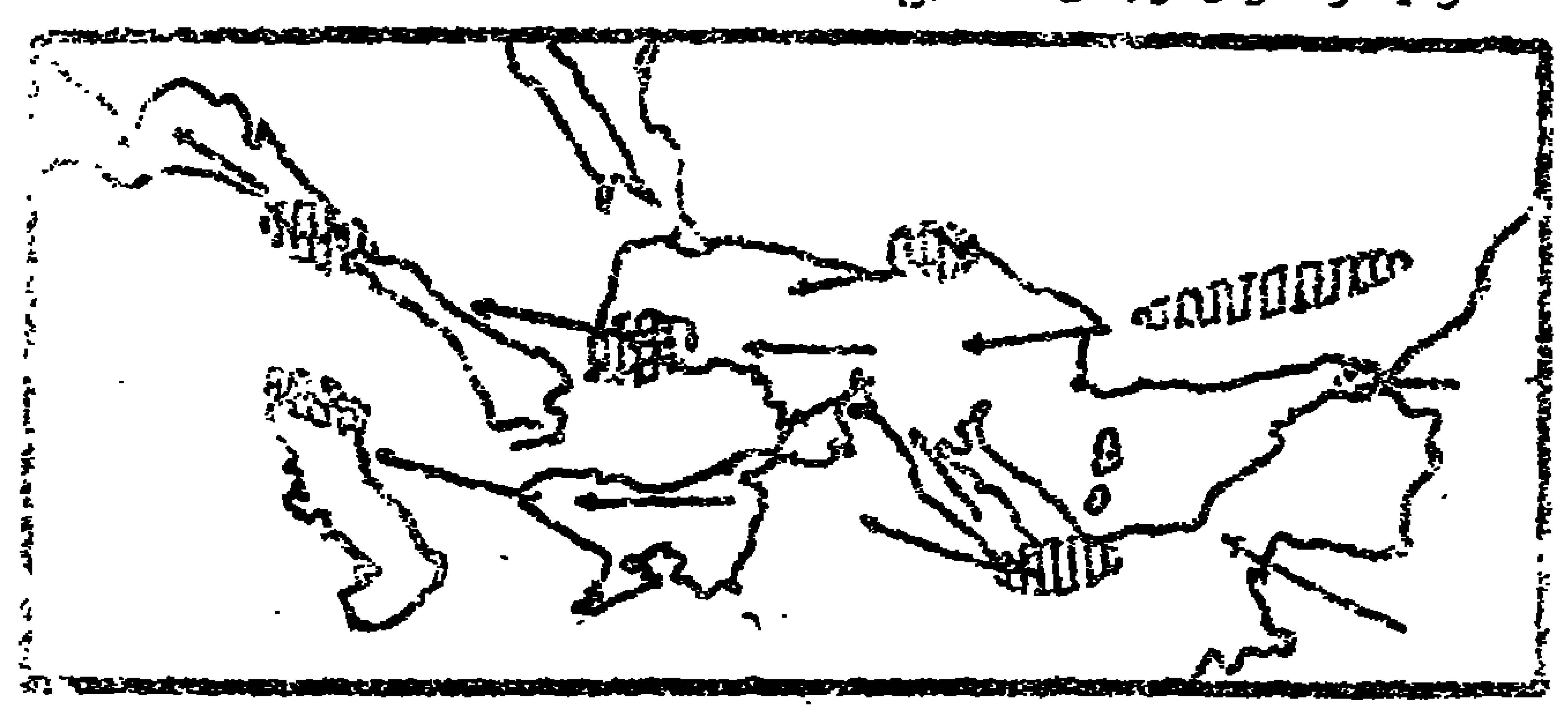
وتتولد فى البحر المتوسط ذاته نظم جديدة للضغط المنخفض بسبب تأثير التيار النفاث الغربى . ويبدو أن مرابضة هذا التيار فوق الكتل الجبلية العظيمة يلائم نشوء «منخفضات الظل» Lee Depressions ونقصد بها الدوامات الهوائية الضخمة التى تتشكل فى ظهير السلاسل الجبلية الرئيسية كجبال أطلس ، وشمال جبال أبنين . وبالمثل تتشكل أمثال هذه المنخفضات الجوية أو الأعاصير فى خليج سيرت فى الساحل الليبى ، وفوق قبرص ، وتؤثر تأثيرا بينا فى أحوال الطقس فى ليبيا وفى مصر وفى البلدان العربية المشرفة على شرقى البحر المتوسط .

معنى هذا أن البحر المتوسط فى فصل الشتاء يتميز بنظام طقس خاص به . حقيقة تأتى من المحيط الأطلسى منخفضات جوية مكتملة تسير وفق مسلك معلوم ، لكنها حين تدخل البحر المتوسط يصيبها التغير ، بل لقد تتطور وتنمو وكأنها تنشأ نشأة جديدة . ويبدو أن نظم الجبهات حسب نموذج بيركنز Bjerknes Type ما يصاحبها من منخفضات جوية (أعاصير) لا ينسحب بكل تفاصيله على البحر المتوسط ، فالقطاعات الدفيئة من الأعاصير كثيرا ما تبدو هنا صافية وجافة ، بينما هى فى العروض العليا مصحوبة بسحب كثيفة ، ورطوبة مرتفعة ، وأمطار غزيرة .

وتختلف أعاصير البحر المتوسط عن أعاصير المحيط الأطلسى أيضا فى أنها صغيرة المساحة ، وضحلة لا يقل الضغط فيها عادة عن ٩٩٠ ملليبار ، كما أن الاضطرابات التى تحدثها قليلة بالقياس لما يحدث فى المحيط الأطلسى ، حيث تتكاثر المنخفضات الجوية حتى لتغطى نصف مساحته ، أضف الى ذلك أنها عميقة ، يهبط الضغط فيها الى نحو ٩٦٠ ملليبار . هذا ولا يدوم الطقس المضطرب الرديىء المصاحب لأعاصير البحر المتوسط فترة طويلة ، وان كانت تصحبه تغيرات كثيرة وسريعة .

وتتبع الأعاصير مسارات بحرية فى الأغلب الأعم . ويمكننا تحديد طريقين رئيسيين ، أحدهما شمالى ، يبدأ من خليج بسكاى أو من شمال ايطاليا الى البحر الأسود عبر البلقان ، أو خلال البحر الأدرياتى ، ومنه

الى البحر الأيونى ، حيث يتشعب الى شعبتين بتأثير كتلة يابس الأناضول: احداهما تسير شرقا الى بلاد الشام والعراق ، بينما يتحرك عدد منها شمالا الى بحر ايجة ثم البحر الأسود ،وتنتهى فى بحر قزوين . أما الطريق الثانى ، فيتبع جنوبى حوض البحر المتوسط : من المحيط الأطلسى خلال مضيق جبل طارق ، أو من ظهير سلاسل جبال اطلس ، ومن خليج سيرت الى شرقى البحر ، حيث تجلب أعاصيره المطر لبلاد الشام ، وشمال السعودية والعراق ورأس الخليج العربى وايران .



شكل رقم (١١٨) مسالك المنخفضات الجوية

الحـــــرارة

فى الصـــيف :

تشترك دول العالم العربى فى ارتفاع درجات الحرارة صيفا ، وفى عظم المدى الحرارى اليومى والسنوى .والعامل الرئيسى المؤثر هو صفاء السماء ، وتبعا لذلك تلهب الشمس باشعتها سطح الارض نهارا ، فترتفع حرارة الجو الملامس لها ارتفاعا كبيرا . وحالما تغيب الشمس يسرع الاشعاع الأرضى للحرارة ، حيث تتبدد اذ لا تعوقها سماء غائمة ، ومن ثم تنخفض الحرارة كثيرا . ويمكننا فى هذا المجال المقارنة باراضى جنوب السودان ، التى رغم مجاورتها لدائرة الاستواء ، وبالتالى تعرضها لكمية أكبر من الاشعاع الشمسى ،فان حرارتها منخفضة نسبيا ،وذلك بسبب تساقط المطر ، والسحب التى تحجب الاشعاع المباشر عن سطح الأرض . فاكثر أجزاء العالم العربى حرارة فى فصل الصيف هى التى تتصف بصفاء السماء وبالموقع الداخلى ، وليس بسبب مجاورتها لدائرة الاستواء ، حيث تسود السماء الغائمة (متوسط حرارة يوليو فى جوبا بجنوب السودان ٢٥°م ، وفى القاهرة ٢٨°م ، وفى الرياض ٥ر٣٣°م) .

وتلعب التضاريس دورا مهما فى التأثير على الحرارة فى أنحاء العالم العربى . فرغم أن بعضا من أجزاء الأراضى العربية منخفض جدا ، فان هناك مساحات كبيرة تعلو منسوب ١٠٠٠ متر ، كما هى حال جبال أطلس ولبنان والبحر الأحمر وعمان . ويعمل الارتفاع بطبيعة الحال على تخفيض درجات الحرارة صيفا ، ويظهر أثر هذا العامل بصورة أوضح فى فصل الشتاء حين تنخفض الحرارة الى ما دون الصفر، وتجلل الثلوج قمم الجبال لشهور عدة . وحيثما اكتنفت السواحل نطاقات جبلية ، فإنها تحصر تأثيرات البحر الملطفة فى النطاق الساحلى الضيق ، وتمنعها من التوغل فى الداخل . هذا وتعمل الأحواض والمنخفضات الأرضية التى تزخر بها داخلية بلدان العرب على تركيز الاشعاع الشمسى ، اضافة الى جفاف التربة وغياب الغطاء النباتى ، مما يسمح بشدة تسخين سطح الأرض نهارا ، وسرعة اشعاعها للحرارة ليلا .

ولا شك أن المتوسطات الحرارية تكون مضللة فى بلدان فيها يعظم المدى الحرارى اليومى والفصلى . ولهذا ينبغى النظر الى متوسطات النهايات العظمى والنهايات الصغرى للحرارة لكى نأخذ فكرة صحيحة عن الأحوال المناخية الفعلية (أنظر جداول الحرارة المرفقة) . مثال ذلك حينما نقارن المتوسط الحرارى الصيفى لكل من بيروت (٢٧°م) والقاهرة (٢٨°م) سنجد أنهما متقاربين جدا . لكن قد ترتفع الحرارة فى أيام من صيف القاهرة الى ٤٠°م وأكثر ، بينما تنخفض الحرارة فى لياليها انخفاضا كبيرا ، بينما يندر أن ترتفع حرارة بيروت فى نهار الصيف عن ٣٢°م ، كما لا تنخفض بالليل عادة عن ٢٦°م . ففى الجهات الساحلية يصغر المدى الحرارى اليومى عنه فى الأنحاء الداخلية ، بسبب تأثيرات البحر الملطفة ، لكن هذا التأثير يضمحل سريعا بالاتجاه نحو الداخل .

ويسود نظام حرارى صيفى بسيط معظم أنحاء العالم العربى . فشهر يوليو هو أحر الشهور ، باستثناء الجهات الساحلية التى تتأخر فيها النهاية العظمى للحرارة الى شهر اغسطس ، وذلك بسبب بطء امتصاص مياه البحر للحرارة . وفى مناخ مصر مثال طيب لهذه الظاهرة ففى وادى النيل وأراضيها الداخلية تظهر النهاية العظمى فى يوليو ، بينما تتأخر الى اغسطس فى سواحلها على البحر المتوسط والبحر الأحمر . وبالاتجاه جنوبا فى بلدان العرب تبكر النهاية العظمى للحرارة ، فتصير فى يونيو فى مصر العليا وجنوب شبه الجزيرة العربية ، وفى مايو ، أو فى مارس أو فى فبراير فى أنحاء كثيرة من السودان (جوبا فى فبراير ، ومنجلا فى مارس)،

وذلك بسبب حدوث الانقلاب الصيفى وما يترتب عليه من تسخين شمسى مباشر من جهة ، والطقس الغائم والمطر الساقط على وسط السودان وجنوبه مما يخفض حرارة الصيف من جهة أخرى ٠

فى الشـــتاء :

شهر يناير هو أبرد الشهور فى جميع أنحاء العالم العربى ٠ ويبـدأ الارتفاع فى درجات الحرارة أواخر فبراير أو أوائل مارس ، وحالما ترتفع الحرارة فانها تستمر وبمعدل سريع ٠ ويمكن أن نلاحظ اختلافات كبيرة بين الشمال والوسط والجنوب ٠ ففى الشـمال والشرق تنخفض الحرارة كثيرا بسبب القرب من داخلية أوراسيا ، ومن ثم بالمؤثرات القارية التى تزداد حدة بالارتفـاع عن منسوب البحر ٠ فتهبط الحرارة الى مـادون الصفر ، وتتراكم الثلوج فوق ذرى جبال لبنان ، ومرتفعات شمال العراق ، وسـلاسل أطلس ٠

وتمتد العواصف الثاجية الى سوريا والأردن ٠ وقد تتسـاقط كميات صغيرة من الثلوج فوق التلال ٠ ويمكن القول أن احتمال تسـاقط بعض الثلوج أو البرد موجود فى أنحاء العالم العربى باستثناء السودان والقسم الجنوبى من شبه الجزيرة العربية ٠ ذلك أن بعضـا من الثلوج أو البرد يتساقط فوق منطقة الوجه البحرى من مصر ، وكذلك فوق مرتفعات اليمن وعسير والجبل الأخضر فى سلطنة عمان ، اضافة الى مرتفعات وتلال ليبيا خاصة منطقة الجبل الطرابلسى ٠

ويمكننا اتخاذ خط الحرارة المتساوية ١٠°م فى شهر يناير ، حدا يقسم أراضى العالم العربى الى قسمين رئيسيين : شمـالى ، وآخر جنـوبى ٠ وتدخل ضمن القسـم الشمالى معظم أراضى لبنـان وسـورية والأردن ، وشمال العراق ، والهوامش الشمالية من المملكة السعودية ، وهضبة اليمن ، ومعظم أنحـاء المغرب العربى ، ومنطقة الجبل الطرابلسى الليبى ٠ ويقع معظم باقى ارجاء العالم العربى فيما بين خطى الحرارة ١٠° ـ ٢٠°م ، باستثناء جنوب السودان وجنـوب شبه الجزيرة العربية ، ففيهما يرتفع معدل حرارة يناير ليصل الى نحو ٢٥°م وأكثر ٠ اذ يصل هذا المعدل فى ملكال الواقعة على درجة عرض٩°شمالا٢٧°م ، وفى جوبا الواقعة على دائرة العرض٥°شمالا حوالى٢٩°وفى عدن٢٥°م (أنظر جداول حرارة الشتاء) ٠

وطبيعى أن تتأثر الأراضى المطلة على البحار بهوائها الدافىء نسبيا فى فصل الشتاء ، مثلما تتمتع بهوائها البارد نسبيا فى فصل الصيف ٠ ولهذا يقل فيها المدى الحرارى اليومى ، بينما يكبر بالاتجاه نحو الداخل بعيدا عن أثره ٠ فالمدى الحرارى اليـومى فى الاسكندرية وبنغـازى وطرابلس

حرارة يوليو بالدرجات المئوية فى بلدان العالم العربى

البلاد	المتوسط اليومى		معدل المدى اليومى	النهاية	
	العظمى	الصغرى		العظمى	الصغرى
بلدان ساحلية					
القصير	٣٤	٢٦	٨	٤٠	٢٣
جدة	٣٨	٢٦	١٢	٤٢	٢١
عدن	٣٦	٢٨	٨	٤٠	٢٣
مسقط	٣٦	٣٠	٦	٤٥	٢٥
البحرين	٣٧	٢٩	٨	٤٤	٢٤
الكويت	٤٠	٣٠	١٠	٤٨	٢٦
طنجة	٢٥	١٨	٧	٣٢	١٨
الجزائر	٢٥	١٧	٨	٣١	١٧
قابس	٣٢	٢٠	١٢	٣٣	١٨
طرابلس	٣٠	٢١	٩	٤٥	١٥
بنغازى	٢٩	٢٢	٩	٤٠	١١
الاسكندرية	٢٩	٢٣	٦	٤٠	١٧
حيفا	٣١	٢٤	٧	٣٦	١٧
بيروت	٣١	٢٣	٨	٤٠	١٣
بلدان داخلية					
بسكرة	٤٢	٢٦	١٦	٤٨	٢٠
غدامس	٤٣	٢٢	٢١	٥٤	١٥
الكفرة	٣٨	٢٤	١٤	٤٣	١٧
القاهرة	٣٥	٢٠	١٥	٣٨	١٨
أسوان	٤٢	٢٦	١٦	٥١	٢١
الخرطوم	٤٣	٢٣	٢٠	٥١	٢٢
ملكال	٣٧	٢٧	١٠	٤٠	٢٣
جوبا	٣٠	٢٢	١٠	٣٢	٢٠
الرياض	٤٢	٢٥	١٧	٤٥	١٩
بغداد	٤٣	٢٤	١٩	٤٩	١٧
الموصل	٤٣	٢٢	٢١	٥١	١٥
دمشق	٣٦	١٨	١٨	٤٣	١٣
عمان	٣٢	١٨	١٤	٤٠	١٣
القدس	٣٠	١٧	١٣	٣٨	١٠

حرارة يناير بالدرجات المئوية فى بلدان العرب

البلاد	المتوسط اليومى		معدل المدى	النهاية	
	العظمى	الصغرى	اليومى	العظمى	الصغرى
بلدان ساحلية					
طنجة	١٥	٨	٧	٢٢	٣
الجزائر	١٢	٥	٧	١٨	٢
قابس	١٥	٥	١٠	١٩	٤
طرابلس	١٦	٩	٧	٢٨	١
بنغازى	١٧	١٠	٧	٢٥	٣
الاسكندرية	١٨	١١	٧	٢٨	٣
بيروت	١٧	١١	٦	٢٥	ـ٥ر٠
الكويت	١٦	١٠	٦	٢٨	ـر٠
الشارقة	٢٣	١٢	١١	٣٠	٣
مسقط	٢٣	١٣	١٠	٢٨	٨
جدة	٢٩	٢١	٨	٣٥	١٥
عدن	٢٩	٢١	٨	٣٢	١٤
بلدان داخلية					
الكفرة	٢١	٦	١٥	٣٢	ـ٥ر٣
الداخلة	٢١	٥	١٦	٣٦	ـ٥ر٠
أسوان	٢٣	١٠	١٣	٣٨	٣
الرياض	٢١	٨	١٣	٣٠	ـ٧
حايل	١٧	٤	١٣	٢٧	ـ٥ر٢
بغداد	١٥	٤	١١	٢٠	١
الخرطوم	٢٥	١٠	١٥	٣٠	٥
ملكال	٢٧	١٥	١٢	٣٠	٢٠
جوبا	٢٩	٢٠	٩	٣١	٢٢

بالجزائر والدار البيضاء وبيروت والكويت بين ٦°م - ٥ر٧°م ، بينما يرتفع المدى فى محطات الرصد الداخلية فيتراوح بين ٥ر١٢°م -١٦°م ، وذلك فى حايل والرياض وأسوان والداخلة والكفرة .

المــدى الحرارى الســـــنوى :

يختلف المدى الحرارى السنوى فى الجهات الساحلية عنه فى الجهات الداخلية اختلافا كبيرا . وهــو على أى حال انعكاس للتباين فى المـدى الحرارى اليومى فى فصلى الصيف والشتاء فى مختلف أنحاء العالم العربى. وطبيعى أن يزداد المدى الحرارى الفصلى فى الجهات الداخلية حيث يسود نوع المناخ القارى المتطرف : اذ ترتفع الحرارة ارتفاعا كبيرا نهارا وصيفا، وتنخفض كثيرا ليلا وشتاء ، فيصل المدى فى بغداد ٢٤°م ، وفى قسنطينة بالجزائر ٢٦ درجة مئوية .

وينعكس تأثير البحر على الجهات المطلة عليه،فتتصف لذلك بخصائص المنــاخ البحرى ، الذى يميزه صغر الفرق الحرارى اليومى والسنوى . ففى الشتاء تدفىء مياه البحر الدافئة اليـابس البارد المجـاور . بينما تلطف نسمات البحر البارد نوعا من حرارة الأراضى الحارة التى تكتنفه ، ومن ثم لا يزيد المدى الحرارى الفصلى فى معظم المحطات الساحلية على ١٣°م . بل ان هذا المدى يقل الى مادون ١٠ درجة مئوية فى جميع محطات الرصد على طول الساحل الجنوبى لشبه الجزيرة العربية ، ومعظم سواحل البحر الأحمر الجنوبية (جدة ٧°م ، الحديدة ١٠ درجة مئوية ، عدن ٧ درجة مئوية ، المكال ٦ درجة مئوية) .

التباين المتيورولوجى المحلى :

من بين الظواهر الملفتة للنظر فى مناخ العالم العربى ، التباين السريع الحاد فى أحوال الطقس على امتــداد مسافات قصيرة نســبيا ، وفى وقت محدود بيوم واحد أو يومين اثنين . مثال ذلك المسافة فيما بـين مدينة عمان ومدينة القدس والتى تبلغ ٨٠ كم . ويبدأ الطريق من عمان على ارتفاع ١٠٠٠ متر ، ثم يهبط فى غور الأردن الى منسوب ٤٠٠ متر تحت منسوب البحر ، وهو منسوب نهر الأردن الذى يعتبر أدنى منسوب فى يابس العالم ، ثم يصعد الطريق الى علو ٧٠٠ متر ، فى مشارف القدس .

وتتغير الرطوبة والحرارة على طول هذا الطريق تغيرا كبيرا . فقد تم تسجيل فروق حرارية وصلت الى ٥ر١٢°م ، وفروق فى الرطوبة بلغت ٣٨٪ . وتكشف مثل هـذه الدراسات التفصـيلية الكثير من الاختـلافات

المتيورولوجية المحلية ، التى لا شك تجد لها تعليلا وتفسيرا فى المناطق من أراضى العالم العربى التى تتميز بتنوع سريع فى التضاريس .

ويتضح هذا التغير الصارخ فى جهات كثيرة ، لعل أشدها وضوحا منطقة جبال أطلس، اذا ما عبرناها فى قطاع يمتد من الساحل عند منسوب البحر ، ونعلو مع الجبال الى منسوب يزيد على ٣٠٠ متر ، ثم نهبط الى هضبة الشطوط، ونرقى شواهق أطلس الصحراء، ثم ننزل الى الصحراء الجرداء.

الرطـــــــوبة :

تتباين الرطوبة من مكـان لآخر تباينا كبـيرا . وعلى الرغم من ان معدلاتها منخفضة بصفة عامة بسبب سيـادة الظروف الصحراوية ، فان بعض أجزاء العالم العربى يتميز برطوبة عالية . ولقد تسبب الأسطح المائية الداخلية ازديادا فى الرطوبة ، لكن تأثيراتها تكون محلية ، مثل حوض البحر الميت وأودية النيل والفرات والدجلة . أما أكثر المنـاطق رطوبة فتتمثل فى النطاقات الساحلية . فحيثما ظاهر السهول السـاحلية حائط جبلى، فانه يركز الرطوبة التى تأتى بها نسائم البحر فيها ، لأنها لاتتمكن من الانتشار بالداخل. وحيثما تقترن الرطوبة بالحرارة تصبح ظروف الحياة صعبة خاصة فى فصل الصيف حينما تدلف كميات كبيرة من الرطـوبة من البحر الى اليابس . وتشتهـر سواحل الخليج العربى بهذا الجـو الصعب الاحتمال والذى يبعث على الضـيق . وتتأثر سـواحل البحر الأحمر ، وسواحل البـحر المتوسط بظروف مماثلة ، لكنها أقل حدة وأكثر تـحملا .

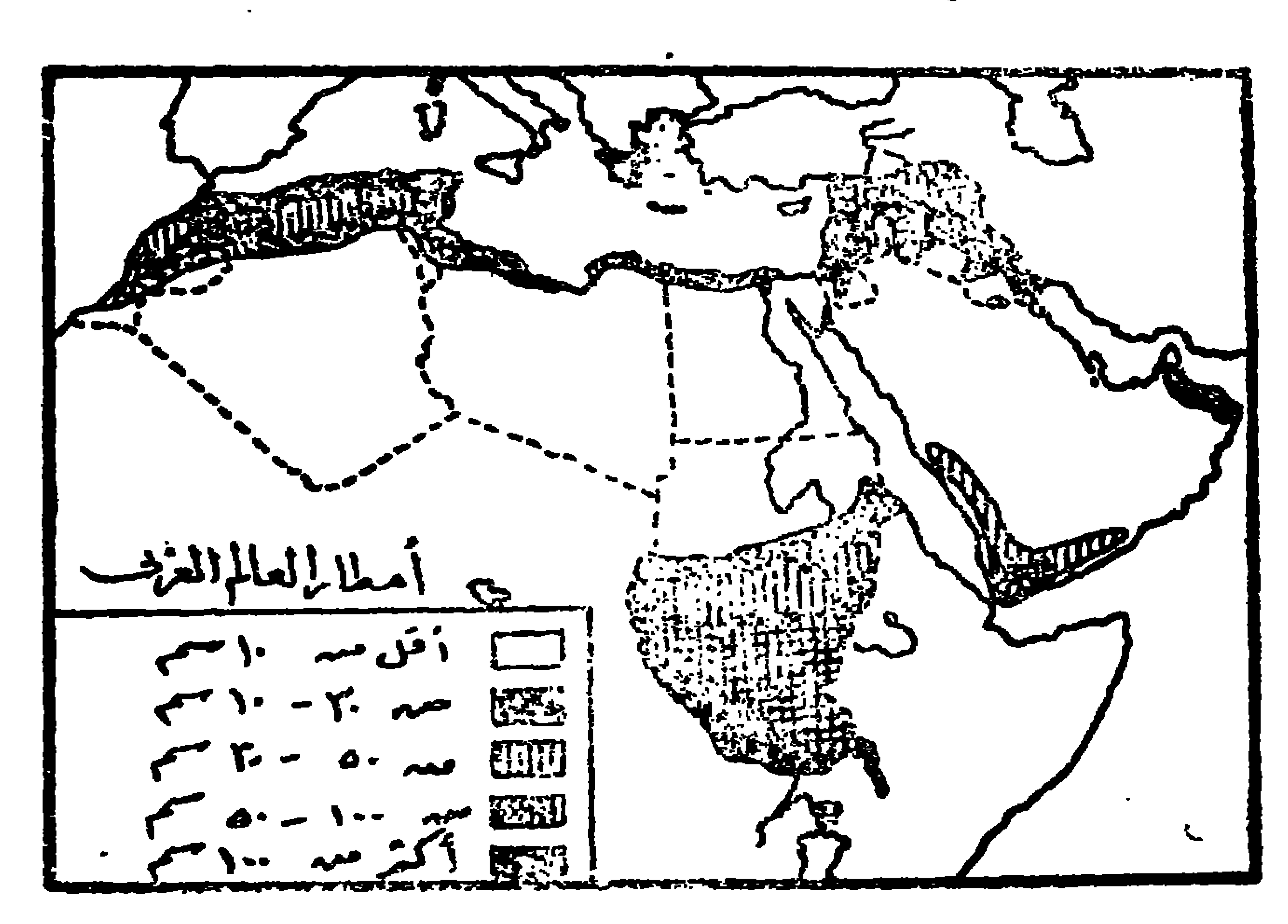
وتبلغ الرطوبة أقصاها فى النطاقات الساحلية أثناء أشهر الصيف ، رغم أن كثيرا منها (سواحل البـحر المتوسط ومعظم سواحل البـحر الأحمر والخليج العـربى) يخلو من تساقط المطر ، لكن الندى يتكرر حـدوثه فى عدد من أيام السنة يتراوح بين ٢٠٠ ـ ٢٥٠ يوما . وتعادل كمية المياه التى يفرزها نحو ربع كمية المطر السنوى ، ويزود النـدى النبات بنحو ربع احتياجاته من الرطوبة فى بعض المناطق. وتنخفض الرطوبة النسبية بطبيعة الحال فى الداخل، لكنها تزداد فى الشتاء حينما تهب تيارات هوائية غربية أو شمالية، ولهذا يتكون الضباب، خاصة فيما جاور المجارى المائية والمستنقعات.

الأمطـــــــار :

يسود الجفـاف أجزاء واسعة من أراضى العـالم العربى ، ممثلة فى النطاق الصحراوى العظيم الممتد فى شمال افريقيا من المحيط الأطلسى الى البحر الاحمر ، وعبره الى صحراء شبه جزيرة العرب وبادية الشام . وقد

سبق أن شرحنا أسباب تكوينه ممثلة فى هبوط الهواء من طبقات الجو العليا فوق النطاق ، فيتعرض لتسخين ديناميكى ، يتسبب فى تخفيض الرطوبة النسبية ، واستقرار الجو ، واضعاف نشاط الحمل الحرارى • وكل ذلك من شأنه احداث الجفاف • أضف الى ذلك أن النطاق يكون ذا ضغط مرتفع تتفرق عنده الرياح • وعنده يسود الاستقرار وتضعف الاضطرابات التى تسبب تساقط المطر • كما أن الرياح التى تسود النطاق صيفا شمالية ، صادرة أصلا من اليابس الأوراسى ، ولهذا فانها جافة ، اضافة الى انها تزداد حرارة بالاتجاه جنوبا ، فلا تسقط مطرا على الاطلاق •

وتسقط الأمطار فى الشتاء على الأجزاء الشمالية من العالم العربى ، بينما تسقط فى الصيف على أطرافه الجنوبية • وقد سبق لنا تعليل ذلك • ويبقى أن ندرس هنا موضوعات تخص كمية المطر وتوزيعه ونظامه فى كل من فصلى الصيف والشتاء •



شكل رقم (١١٩) أمطار العالم العربى

الأمطـــار صـــيفا :

سبق أن أوضحنا سبب المطر الصيفى فوق هضاب اليمن (والحبشة) ومرتفعات عسير ، وسهول السودان الجنوبية والوسطى • وقلنا أن السبب الرئيسى يرجع الى عمليات رفع الهواء الرطب من المحيط الهندى تضاريسيا فى حالة المرتفعات ، وبسبب النشاط الحرارى (التصاعدى والانقلابى) فى

حالة السهول ، ورأينا كيف يساعد التيار النفاث المدارى على احداث الاضطراب وجلب مزيد من الهواء الرطب ، ومن ثم ازدياد تساقط المطر .

وطبيعى ان كمية المطر تقل ، كما يقصر موسمه بالاتجاه شمالا بعيدا عن مصدر الهواء الرطب . ففى السودان تبلغ كمية المطر فى نيمولى نحو ١١٠سم تسقط فى أكثر من عشرة أشهر (بين فبراير ونوفمبر) وفى جوبا ٩٥سم ، يتم سقوطها فى ٩ أشهر ، وتبلغ فى الملكال ٨٣ سم تنهمر فى نحو ٦ أشهر ، بينما تهبط الكمية الى ٣٥ سم فى الابيض وتسقط فى نحو ٤ أشهر ، ثم الى ١٥ سم فى الخرطوم حيث ينحصر سقوطها فى نحو ٣ أشهر . والى الشمال من الخرطوم ينعدم المطر أو يكاد . هذا ويسقط على نطاق الحدود السودانية مع زائير وأوغندة نحو ١٥٠ سم فيما يعرف بالمناخ الاستوائى الذى يستوعب العام كله ، والذى يتميز بقمتى مطر فى الربيع والخريف .

ويتساقط المطر فوق هضبة اليمن صيفا فيما بين يونية وسبتمبر ، ويكون مصحوبا برعد وبرق . ويكثر المطر فوق الاقليم الجبلى المرتفع ، ويقل على ساحل تهامة ، وفى المناطق الداخلية بالاتجاه شرقا ، كما يكثر فى الجنوب ويقل بالاتجاه شمالا . فأمطار تعز (٦١ سم) أكثر من أمطار صنعاء (٣٠ سم) ، وأمطار صنعاء أكثر من أمطار صعدة (١٥ سم) . هذا ويقل المطر كثيرا فى سهول تهامة ، فلا يزيد المطر فى الحديدة على ٦ سم، وفى عدن ٥ سم فى السنة .

وبالمثل تسقط أمطار موسمية صيفية فوق الجبال الجنوبية الغربية من المملكة السعودية ، وتبلغ كمية المطر أقصاها فى منطقة عسير حيث تبلغ نحو ٥٠ سم ، وتتناقص الأمطار بسرعة نحو الداخل ونحو الشمال .

الأمطـــار شـــتاء :

تتميز أراضى العالم العربى المطلة على البحر المتوسط بنمطه المناخى المعروف : فالصيف جاف والشتاء ممطر . ففى فصل الصيف تعمل الضغوط المرتفعة المرابضة فوق غربى البحر المتوسط ، وشمالى أفريقيا كنطاق حدى فيما بين الضغوط المنخفضة فوق شمال الأطلسى وجزيرة قبرص من جهة، وبين الضغوط المنخفضة الموسمية فوق الخليج العربى وشرق أفريقيا من جهة أخرى ، وبالتالى تمنع المؤثرات المحيطية الآتية من الغرب من الوصول الى سواحل العالم العربى ، فتبقى جافة .

ويبدأ المطر فى التساقط اعتبارا من أوائل الخريف ، حينما تختفى الكتل الهوائية الصيفية الجافة ، وتحل محلها تيارات هوائية رطبة مضطربة

كمية الأمطار السنوية

محطة الرصد	كمية الأمطار بالملليمتر
الاسكندرية	١٦٩
بور سعيد	٦٣
القاهرة	٢٢
أسيوط	٥
أسوان	١
الداخلة	أثر
الخرطوم	١٥٠
الملكال	٨٣٠
جوبا	٩٥٠
مقديشو	٥٦٢
كسمايو	٤٧٤
علولا	٤٠
طرابلس	٣٦٧
بنغازى	٥٦٩
البيضاء	٦٩٠
سبها	٣٣
تونس	٤٢٠
الجزائر	٧٥٠
طنجة	٨٢٥
الدار البيضاء	٤٠٠
مراكش	٢٤٠

محطة الرصد	كمية الأمطار بالملليمتر
الموصل	٣٩٠
بغداد	١٥١
دمشق	٢٤٠
اللاذقية	٦٥٠
طرابلس	٧٤٥
بيروت	٥١٧
عمان	٢٧٣
العقبة	٢٧
القدس	٥٢٩
جدة	٢٥
الرياض	١٠٠
أبها	٤٠٠
تعز	٦١٠
صنعاء	٣٠٠
عدن	٣٩
مسقط	١٠٠
مسافى	١٠٠
الدوحة	٦٠
المنامة	٧٠
الكويت	١٢٢
الأحمدى	١٢١

آتية من الغرب . ويبدأ موسم المطر برخات خفيفة قصيرة الأمد في شهر سبتمبر ، لكنها تزداد غزارة ويطول أمدها مع نهاية أكتوبر ، مـؤذنة بانتهاء الصيف تماما.ومع هذا فان الجو يغلب عليه الصحو حتى ديسمبر، حينما يبدأ الموسم الماطر الحقيقى الذى يبلغ ذروته فى أواخره أو اثناء شهر ينـاير .

ويكون شهر يناير اكثر الشهور مطرا فى سواحل المغرب العربى وليبيا ومصر ، وبالاتجاه شرقا يتاخر أغزر الشهور مطرا الى فبراير . ففى سوريا على سبيل المثال تكون قمة المطر فى يناير فى اقصى غربها ، وفى أجزائها الأخرى ، بينما تتأخر ذروة المطر فى شرق العراق الى شهر مارس . ويرجع السبب فى ذلك الى تأثير الضغط المرتفع الذى ينشأ حينئذ فى شرقى العراق وفى ايران بسبب البرودة الشديدة ، والذى يمنع وصول المنخفضات الجوية الممطرة اليها ، فلا تصلها الا مع بداية الربيع حينما ترتفع الحرارة ويتلاشى ذلك الضغط المرتفع ، ومع حلول شهر يونيو ينتهى تماما فصل المطر ، ويحل الجفاف بسواحل العالم العربى المطلة على البحر المتوسط .

ويتحكم فى توزيع المطر فى سواحل العالم العربى على البحر المتوسط عاملان هما : **التضاريس ، وموقع اليابس والماء بالنسبة للرياح الحاملة لبخار الماء** . وينبغى أن نشير هنا الى أن معظم العـالم العربى قارى ، لا يتأثر بالبحر الا فى نطاقات محدودة نسبيا.وتبعا لهذا فان الكتل الهوائية التى تصل بلدان العرب من الغرب ، تفقد كثيرا من رطوبتها رغم صدورها من المحيط الأطلسى ، ولولا أنها تصادف البحر المتوسط فتجدد حمولتها من بخار الماء لما سقط المطر الكثير فى بلدان العرب الشرقية .

ويتناسب مقدار المطر الساقط مع طول الساحل ، خصوصا منه المواجه للغرب . ويتضح ذلك حينما نقارن أمطار شبه جزيرة برقة الليبية التى يواجه ساحلها الغربى السهلى خليج سيرت ، بأمطار الساحل المصرى الذى يطل شمالا على البحر المتوسط.فبينما يسقط نحو ٢٧ سم من المطر الشتوى فوق بنغازى التى تقع على الخليـج مواجهة للرياح الغربية مبـاشرة ، لا يصيب بور سعيد سوى ٧ر٧ سم فقط . وتتضح سعة البحر المتوسط وعظم مساحته فيما يصيب بلاد الشام من مطر كثير ، وضيق البحر الأحمر فيما يصيب شبه الجزيرة العربية من مطر قليل .

وتمارس التضاريس تأثيرا مهمـا هى الأخرى ، ربما أهـم من تأثير الموضع وشكل الساحل وتوجيهه . ولقد سبق أن قلنا أن معظم أمطار شتاء بلدان العرب ناشئة عن ظروف الجو غير المستقرة ، والتى تنجم هنا فى

معظمها من رفع التيارات الهوائية بسبب اصطدامها بالسلاسل الجبلية . وينشأمطر الجبهات الدافئة على امداد مسافة رأسية تبلغ زهاء ٨كم ، كما يحدث مطر الجبهات الباردة حيثما يحدث الاضطراب بسبب رفع الهواء الفجائى فوق التضاريس العالية ، بينما يقل المطر حيثما هبط الهواء سريعا من فوق سلاسل الجبال الساحلية نحو السهول الداخلية وذلك عن طريق التسخين الذاتى Adiabatic Heating .

وتبعا لذلك فان العامل الطبوغرافى يكون بالغ الأثر ، لدرجة [illegible] التماطر (خطوط المطر المتساوية) تتمشى مع خطوط الارتفاعات المتساوية ، مع كثرة فى المطر فوق السفوح الغربية المواجهة للتيارات الهوائية الرطبة ، وقلة فيه فوق السفوح الشرقية والسهول الداخلية فى الشرق . وان انحناء خطوط التماطر التى تتمشى مع القوس الجنوبى الشرقى الذى تصنعه جبال طوروس نحو جبال زاجروس ، هو الذى تسبب فى نمو الحشائش وبالتالى فى غنى ما يسمى بنطاق «الهلال الخصيب» . والعامل التضاريسى هو السبب فى التباين المناخى الاقليمى الحاد فى مجال مسافات افقية قصيرة . ففى رحلة قصيرة ينتقل المرء خلالها من سهل البقاع القليل الرطوبة لوقوعه فى ظل المطر ، الى أعالى جبال لبنان الغربية وسفوحها المطلة على البحر حيث المطر الغزير .

ولما كان مطر شتاء بلدان العرب يحدث نتيجة لأحوال جوية غير مستقرة ، فانه يكون فى العادة غزيرا ، لكنه يسقط أثناء فترات قصيرة ، كما أنه متذبذب فى الكمية وفى التوزيع . وعلى الرغم من أن كمية المطر التى تسقط على السفوح الغربية لبلاد الشام المطلة على البحر المتوسط تزيد على ٧٠ سم ، وهى كمية كبيرة تعادل ما يسقط على أجزاء من الجزر البريطانية طوال العام ، فانها هنا مركزة فى حوالى ستة أشهر ، كما أن الأيام المطيرة فى اكثر الشهور مطرا تتراوح بين ١٤ ـ ١٨ يوما فقط .

ويسقط المطر مدرارا فى وقت قصير للغاية ، فقد يسقط ٣ سم من المطر فى الساعة . ففى عام ١٩٤٥ سقط على دمشق صباح يوم من أيام شهر يناير نحو ١٠ سم من المطر ، رغم أن ما يسقط عليها فى السنة يبلغ ٢٤ سم فى المتوسط . وكثيرا ما تحطم مياه الامطار السيلية طرقا بكاملها ،كما حدث فى وسط السعودية حينما اجتاحت سيول ليلة مطيرة عام ١٩٦٩ طريقا عريضا حديث الرصف طوله ٤٠٠كم .ولقد تسقط أمطار غزيرة فى هيئة وابل على بقعة محدودة ، وغير بعيد عنها تكون السماء صافية ، والأرض جافة . وتعانى التربة من الانجراف بسبب أمطار السيول الشديدة القصيرة الأمد ، ذلك أن الجريان السطحى يكون عارما قادرا على حمل كميات عظيمة من الفتات الصخرى الذى يتفاوت فى أحجامه حتى ليصل أحيانا الى أحجام الجلاميد .

وتتفاوت كمية المطر الساقطة فى نفس المكان تفاوتا كبيرا من عام لآخر. فلقد بلغت النهاية العظمى للمطر فى الاسكندرية ٥ر٣١سم والصغرى ٣ر٣سم، وفى بور سعيد ١٣ سم للعظمى ، و٣ر١ سم للصغرى ، وفى القاهرة ٤ر٦سم للعظمى و١٥ر٠ سم للصغرى . وفى القدس وصلت العظمى الى ٨ر٩٥سم، والصغرى ٣ر٢٧ سم ، وفى عمان ٤٨ سم للعظمى ، و١٣ سم للصغرى . وفى بغداد بلغت العظمى ٦ر٣٣سم والصغرى ٢ر٧سم. وفى البحرين : العظمى ١٧سم والصغرى ١ سم . وفى عدن : العظمى ٣ر٩ سم والصغرى ٨رسم .

الأقاليم المنـــاخية :

يحسن دائما عنـد دراستنا الجغرافية لبيئة منطقة معينة ، أن يكون لدينا اطار معين بسيط فى حـدوده نبحث مختلف العـوامل المترابطة . وتزودنا التصنيفات المناخية بمثل هذا الاطار ، ذلك أنها تأخذ فى الحسبان عددا من العناصر المتكاملة ، والتى من أخصها الحرارة والمطر . وهذه بدورها ذات تأثير مهم فى تكـوين التربة ، ونمو النبات ، وأستخـدام الانسان للأرض .

ولعل أفضل التصنيفات المناخية تصنيف كوبين Koeppen الذى طوره Geiger وأدخل عليه بعض التعديلات . فلقد تبين كوبين أن النطاقات أو الأقاليم النباتية الرئيسية تحددها ضوابط مناخية ، ولهذا فانه وضع حدود اقاليمه المناخية منطبقة على تخوم الأقاليم النباتية الرئيسية .

وتتمثل فى العالم العربى ثلاثة أنواع مناخية رئيسية من تصنيف كوبين هى المناخ الحار الرطب الذى لا يتضح فيه شتاء وذلك فى الجنوب الأقصى للسودان ، والذى يتعدل الى مناخ مدارى رطب موسمى المطر فى وسط السودان وشماله حتى حوالى دائرة عرض الخرطوم ، ويمكن أن نتتبع له اليمن وجنوب غرب السعودية مع التجاوز . أما النمطان الاخران فيسودان معظم انحاء العالم العربى ، وهما : المناخ الجاف بقسميه : شبه الجاف ، والجاف ، ثم المناخ ذو الشتاء المعتدل .

وهناك تقسيم مناخى آخر للعالم العربى أكثر شمولا اقـامه بحاث منظمة الزراعة والغذاء واليونيسكو كجزء من برنامج أبحاثهم فى المناطق الجافة . وقد بنى هذا التقسيم على أساس عنصرى الحرارة والمطر ، وعلى عدد الأيام المطيرة ، وكميات الرطوبة فى الجو ، والضباب والندى ، وذلك لاصطناع تأثيرات العناصر والعوامل المناخية على الكائنات الحية .

ونحن هنا نأخذ بالتقسيم الأبسط والأكثر شيوعا ، واضعين فى الحسبان مختلف التصنيفات المناخية الآنفة الذكر .

١ ـ نوع مناخ البحر المتوسط :

يشيع فى أراضى العالم العربى المطلة على البحر المتوسط فى المغرب العربى ، وليبيا (طرابلس وبرقة) ومصر (تجاوزا) وفلسطين المحتلة ولبنان وسورية . ويتميز هذا النوع بالصيف الحار الجاف ، والشتاء المعتدل الدفيىء الممطر ، وبسطوع الشمس وصفاء الجو معظم السنة .

وفيه ترتفع حرارة الصيف ،فيتراوح متوسطها بين ٢١ ـ ٢٧°م . ونظرا لسطوع الشمس طوال النهار ، فان الحرارة ترتفع كثيرا ، كما أن صفاء الجو ليلا يسمح للاشعاع الأرضى بالتبدد ، ومن ثم يظهر مدى حرارى يومى كبير .

وتنخفض حرارة الشتاء ، فتتراوح بين ٥ ـ ١٠°م . وقليلا ما يظهر البرد القارس ، فهذا النوع المناخى ضمن المناخات المعتدلة الدفيئة . لكن المدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير . فالفروق الحرارية بين ١٦ ـ ١٨°م من الخصائص المعهودة فى هذا النوع المناخى .

وصيف هذا النوع المناخى جاف ، لوقوع أراضيه ضمن نطاق الضغط المرتفع دون المدارى حيث الهواء الهابط ، ونطاق تفرق الرياح ، والاستقرار الجوى ، ولأنه يقع فى مهب رياح شمالية وشمالية شرقية تأتيه من اليابس الأوراسى جافة .

أما شتاؤه فماطر ، بسبب تعرضه للاضطرابات الجوية التى يسببها مرور الأعاصير ،سواء منها ما ينشأ فى نطاق البحر المتوسط ذاته ،أو ما يجدد نشاطه وحيويته فيه ، آتيا فى الأصل من المحيط الأطلسى . ويعمل التيار النفاث فى أجواء البحر المتوسط المرتفعة على انعاش وتقوية المنخفضات الجوية . ويسقط المطر فى الستة أشهر المكونة للنصف الشتوى من السنة ، لكن معظمه يتركز فى أشهر الشتاء الثلاثة : ديسمبر ويناير وفبراير .

ويسقط المطر مدرارا فى هيئة وابل ،وفى سويعات قليلة ،ونادرا ما يستمر يوما كاملا . وتتفاوت كمية الأمطار من مكان لآخر ، ومن سنة لأخرى كما رأينا . وذلك تبعا لشكل السواحل ، ولاختلاف التضاريس . فيزداد على السواحل وفوق السفوح الغربية المواجهة لمرور التيارات الهوائية الرطبة بينا يقل فى الجهات الواقعة فى ظل المطر ويزداد بطبيعة الحال بجوار البحر ، ويقل بالابتعاد عنه . كما وقد يهطل غزيرا فى سنة لكثرة تكون الأعاصير وورودها ، ويقل فى سنة أخرى لاضمحلال تكونها وضحولتها .

ورغم قلة الأمطار الشتوية فى كثير من سواحل بلدان العرب ، فان

سقوطها فى موسم انخفاض الحرارة يزيد من قيمتها الفعلية ، فلا يتبدد من مياهها الكثير بالتبخر ، مما يتيح الفرصة للاستفادة منها فى الزراعة ، وفى الرعي وفى انماء الثروة الحرجية ٠

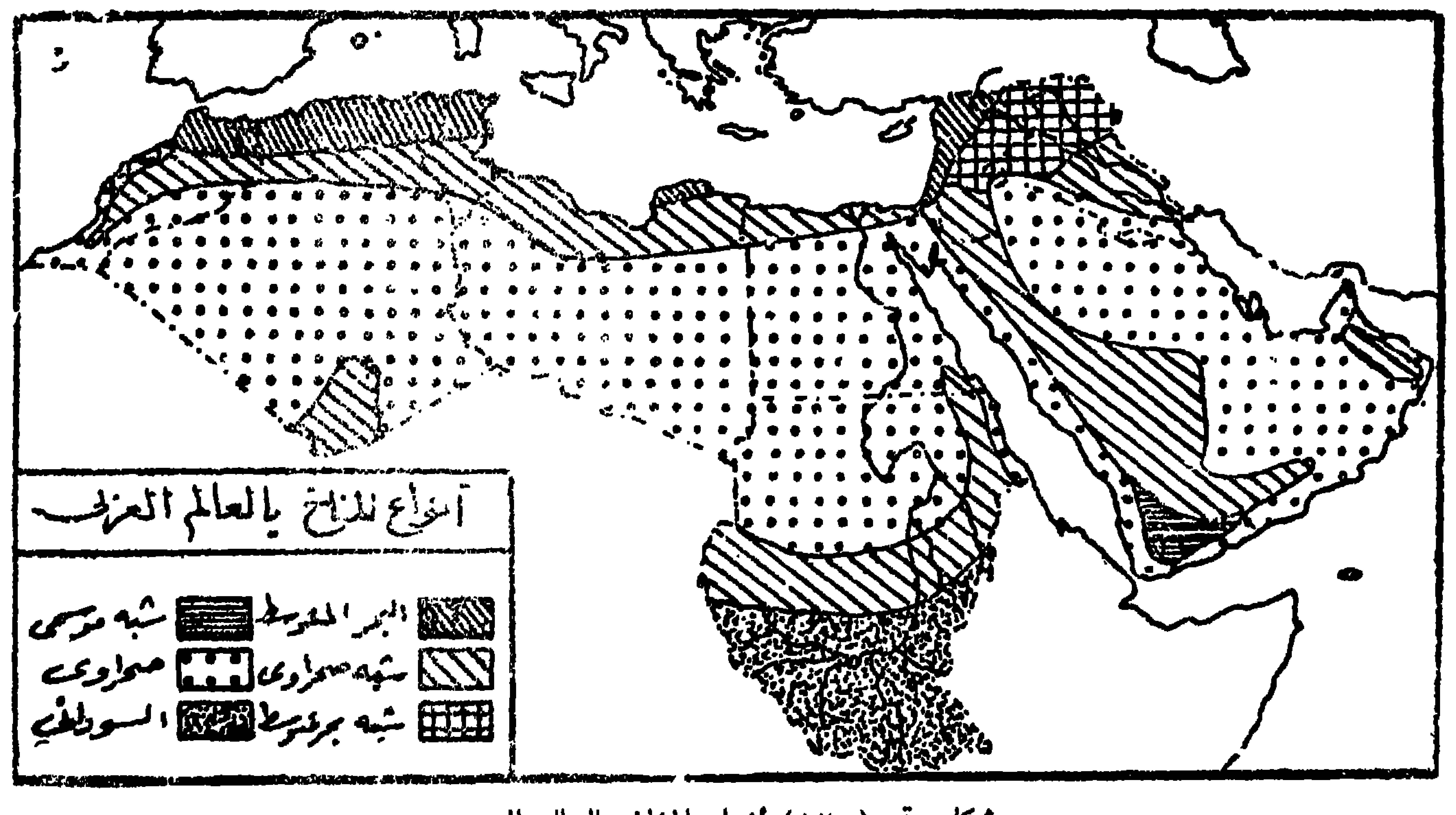
نوع المناخ الجاف (الصحراوى الحـار) :

ويسود معظم مساحة العالم العربى التى تقع بين دائرتى عرض ١٨ – ٣٠° شمالا ، فيما بين المحيط الأطلسى غربا الى الخليج العربى شرقا ، ويشمل الصحراء الكبرى الافريقية العربية ، وصحراء شبه الجزيرة العربية ، كما يشمل قسما من النطاق الساحلى للصومال ٠

ويرجع السبب فى نشأتها الى وقوعها فى غربى القارات ، فتصلها الرياح الشرقية جافة ، كما انها مهبط للهواء الذى تزداد حرارته بالهبوط ، ومنها تتوزع الرياح السطحية ، فهى منطقة استقرار هوائى ٠ وعلى الرغم من وقوع موريتانيا على المحيط فانها لا تتلقى من المطر سوى القليل الذى ينحصر فى الساحل دون الداخل ، ذلك أن التيار المائى المحيطى المعروف باسم تيار كنارى البارد الذى يمر بسواحلها يسلب الهواء الآتى من المحيط رطوبته ، فيصل اليابس الموريتانى جافا ٠

ويتميز هذا النوع المناخى بالحرارة المرتفعة فى فصل الصيف ، والتى يبلغ متوسطها ٣٥°م ، لكن الترمومتر يسجل نهايات عظمى تصل الى ٥٠°م ، أما النهاية الصغرى فتبلغ نحو ٢٢°م ٠ لهذا فالمدى الحرارى اليومى كبير جدا ٠ وترجع حرارة نهار الشـتاء الى حوالى ٢٣°م فى المتوسط ، لكن نهايتها العظمى تصل كثيرا الى نحو ٢٧°م ٠ وليالى الشتاء باردة ، قد تهبط فيها الحرارة الى الصفر ومـادونه ، حتى ليتكون الصقيع فوق أسطح مياه الآبار والمناقع ٠ ومتوسط النهايات الصغرى شتاء يراوح ٥°م٠ ومن الواضح ان المدى الحرارى اليومى شتاء كبير ، والمدى السنوى كبير أيضا ٠ والواقع أن نوع المناخ القارى المتطرف فى حرارته يتمثل أفضل تمثيل فى صحارينا العربية ٠

والجفاف سمة مميزة لهذا النوع المناخى ٠ والمطر نـادر ، وطارىء متذبذب فى كميته وفى فصليته ٠ وحين يسقط المطر ، ربما كل بضع سنوات مرة ، يكون غزيرا مركزا فى ساعة أو نحوهـا ، فيملأ الوديان والشعاب بالمياه التى تجرى فى سيول عارمة ، تكتسح كل ما يصـادفها من مراكز العمران والطرق والجسور ، وتسبب أضرارا بالغة ٠ وسبب هذه الأمطار الطارئة الأعاصير الضالة ، التى تنحرف عن مسارها ، وتتوغل جنوبا ، وقد يمتد أثرها الى بلدة مصـوع بارتيريا ٠ وامثال هـذا المطر المفاجىء الطارىء هو الذى يملأ أودية صحراء مصر الشرقية بالمياه كل بضع سنوات



شكل رقم (١٢٠) أنواع المناخ بالعالم العربي

مرة ، ويسبب الكوارث فى محافظة قنا·وقريب الى الأذهان التخريب الذى احدثته سيول عامى ١٩٧٩ و ١٩٨٥ ، وسيول نوفمبر ١٩٩٤ ·

٣ ـ نوع المناخ شبه الجاف (شبه الصحراوى) :

ويتمثل فى هوامش هذه الصحارى العربية الشمالية المتاخمة لنطاق مناخ البحر المتوسط ، والجنوبية المجاورة لنطاق المناخ السودانى (المناخ المدارى الممطر أو مناخ السفانا) ، ونحن نفضل هذه التسمية ، أى «المناخ شبه الجاف» ، على تسميته بمناخ الاستبس (كما يسميه كل من كوبين وتريوارتا) لما وقر فى الأذهان من اقتران حشائش الاستبس بأنواع المناخ المعتدل الدفيىء والمعتدل البارد · وهو مناخ انتقالى بين المناخ الجاف (الصحراوى الحار) من جهة ، والمناخين البحر المتوسط والسودانى من جهة أخرى ·

ولهذا فاننا نقسمه الى قسمين هما :

أ ـ نوع المناخ شبه الجاف المطر شتاء :

ويشمل أراضى العالم العربى الممتدة على طول الحدود الشمالية للصحراء الكبرى الأفريقية العربية،بينها وبين جهات مناخ البحر المتوسط، كما يتمثل فىشمال شبه جزيرة العرب وبادية الشام والعراق وتسقط أمطاره شتاء بسبب تمكن بعض الاعاصير التى تهب على جهات مناخ البحر المتوسط المجاورة من الوصول الى الاراضى التى يسودها · أما فى الصيف فيسوده الجفاف الشامل ، بسبب وقوعه تحت تاثير الضغط المرتفع المدارى ، وما يصاحبه من تيارات هوائية جافة · ورغم قلة المطر ، فان سقوطه فى الفصل البارد يجعل له قيمة فعلية فى نمو الأعشاب والحشائش وفى الزراعة أيضا· لكن عدم انتظام سقوط المطر وتذبذب كميته من سنة لأخرى،يجعل الاعتماد عليه فى الزراعة غير ممكن ، الا اذا توفرت موارد مائية أخرى تساعد فى سقاية المزروعات خاصة فى سنوات الجفاف ·

ب ـ نوع المناخ شبه الجاف المطر صيفا :

ويتمثل فى النطاق الممتد على الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى ، وفى أجزاء من الصومال وجيبوتى وارتيريا · وحرارة هذا النوع مرتفعة وتبلغ اقصاها قبيل سقوط المطر فى شهر يوليو ، حين تبلغ درجتها نحو ٣٨°م كمتوسط شهرى ، لكنها تهبط فى شهر يناير ، وهو أبرد الشهور ، فتصل الى نحو ٢١°م كمتوسط شهرى·لكن المدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير جدا·وتسقط الامطار صيفا فى شهرين هما : يوليو واغسطس، وكميتها كبيرة نوعا ، بالقياس الى كمية الأمطار التى تسقط فى نطاق النوع

شبه الجاف المتاخم لمناخ البحر المتوسط ، لكن يعيبها سقوطها فى الفصل الحار ، مما يقلل من قيمتها الفعلية بالنسبة للنمو النباتى .

٤ ـ نوع المناخ المدارى الممطر صيفا :

ويطلق علية أحيانا مناخ السافانا . ويمكن تقسيمه الى قسمين حسب المناطق التى تسودها : نوع المناخ السودانى ، ونوع المناخ شبه الموسمى (القليل المطر) .

أ ـ المنـــاخ السودانى :

يسود أراضى السودان الواقعة بين دائرتى عرض ٥ ـ ١٥ شمالا ، فيما بين نوع المناخ الاستوائى جنوبا ونوع المناخ الجاف شمالا . ويتميز بوجود فصل جاف ، وبارتفاع حرارته على مدار السنة . وتبلغ الحرارة أقصاها فى الفصل الجاف خاصة قبيل سقوط المطر ، بينما تبلغ أدناها فى فصل المطر،وهى على أى حال لا تقل عن ١٨°م فى أى فصل من فصول السنة .

ومطر المناخ السودانى من النوع الانقلابى . وسببه تيـارات الحمل ورفع الهواء الرطب من المحيط الهندى ، ومساعدة التيار النفاث فى طبقات الجو العليا على احداث الاضطرابات الجـوية ، وجلب الكثير من الهواء الرطب ، ومن ثم ازدياد هطول المطر ، مصحوبا بزوابع البرق والرعد . وتتميز أمطار المناخ السودانى عموما بالتفاوت فى كمياتها من عام لآخر .

ويمكن تمييز ثلاثة فصول مناخية فى اطار المناخ السودانى هى :

ـ **فصل حار ممطر** ، تسقط أثناءه الأمطار التى تعمل على خفض درجات الحرارة بسبب كثرة السحب ، ويقل فيه المدى الحرارى اليومى ويطول هذا الفصل فى أقصى جنوب السـودان حتى ليبلغ أكثر من تسعة أشهر ، لكنه يقصر بالتدريج كلما اتجهنا شمالا حتى يصير ثلاثة أشهر حول الخرطوم . ويمكن القول بصفة عامة بأن موسم المطر ينحصر بين شهرى مايو ونوفمبر من كل عام . وتتراوح كميته بين ٥٠ ـ ١٥٠ سم .

ـ **فصل حار جاف** ، ويبدأ من مارس حتى بداية سقوط المطر فى مايو أو فى يونية ، وترتفع فيه درجة الحرارة،وتزيد نهايتها العظمى على ٤٠°م.

ـ **فصل معتدل نوعا وجاف** ، يبـدأ من أواخر نوفمبر حتى نهـاية فبراير تقريبا . وهو فصـل الشتاء ، الذى تهبط فيه درجـة الحرارة ، وتنخفض الرطوبة النسبية كثيرا ، وعادة لا ترتفع الحرارة عن ٣٢°م .

ب ـ نوع المناخ شبه الموسمى :

يسود جنوب غرب شبه جزيرة العرب ، ويشمل هضبة اليمن ومرتفعات عسير (جبال السروات) . ونظامه يشبه النوع الموسمى من حيث المطر ، لكن الكمية هنا متواضعة جدا لا تزيد على ٦٠ سم فى السنة ، وتسقط فى فصل الصيف ، بسبب عمليات رفع الهواء الرطب من المحيط الهندى والبحر الأحمر تضاريسيا .

والحرارة مرتفعة ، لكنها تقل بالارتفاع على سفوح المرتفعات ، بينما تبلغ اقصاها فى السهول الساحلية (سهول تهامة)،وفيها أيضا ترتفع الرطوبة النسبية خاصة أثناء الصيف .

٥ ـ نوع مناخ شبه موسمى ذو مطر شتوى :

ويتمثل فى الركن الجنوبى الشرقى من شبه جزيرة العرب . وهو يشبه النظام الموسمى فى حرارته المرتفعة ، ورطوبته العالية أثناء الصيف ، لكن أمطاره تسقط شتاء ، بسبب تيارات هوائية تاتى من الشمال الشرقى ، وتتحمل بالرطوبة عند عبورها لمياه المحيط الهندى الشمالى وخليج العرب، وتصعد متسلقة سفوح مرتفعات جبال سلطنة عمان ، فتسقط المطر .

الفصل الثانى والعشرون

النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربى

- العوامل المؤثرة فى التغير المناخى .
- أنواع النبات والأقاليم النباتية .
- اقليم الغابات المدارية .
- اقليج الغابات شبه الموسمية .
- اقليم الغابات المعتدلة الدفيئة .
- نباتات الجبـــال .
- اقليم الســافانا .
- اقليم الحشائش المعتدلة (الاستبس) .
- نباتات المناقع النهرية .
- النباتات الصحراوية .

العوامل المؤثرة فى التغير النباتى :

التركيب الحالى للنبات الطبيعى وتوزيعه فى العالم العربى هو نتيجة لسلسلة طويلة من التغيرات التى سببها : الهجرة ، والتطور ، والتكيف • وقد تأثرت عمليات التغير ذاتها بعوامل أخرى خارجية يمكن اجمالها فى :

١ ـ الموقع الجغرافى للعالم العربى كمنطقة انتقال بين الأقاليم الجغرافية الرئيسية بالعالم القديم ، ووظيفة كمعبر برى فيما بين قارتى أوروبا وآسيا وأفريقيا •

٢ ـ التغيرات المناخية ، خاصة الحلول التدريجى للجفاف بالمنطقة العربية منذ انتهاء العصر الجليدى •

٣ ـ التدخل البشرى بوجهيه : التخريبى بالقطع والازالة ، والبنائى بادخاله لفصائل نباتية وحيوانية جديد غريبة على المنطقة •

وفى أثناء العصر الجليدى فى شمال أوروبا ومرتفعات الألب ، تمكنت كثير من الفصائل النباتية التى كانت تعيش فى الزمن الثالث من الهروب من الفناء ، عن طريق الانتشار جنوبا وشرقا ، ووجدت لنفسها ملاجىء فى جنوب أوروبا • ومنه انتشرت جنوبا عبر جبل طارق الى مرتفعات المغرب العربى حيث الأمطار وفيرة ، كما انتشرت الى مرتفعات الاناضول ، ومنها الى جبال غربى سوريا ولبنان وفلسطين ، ثم الى جبال مدين وعسير واليمن ، وكلها مناطق وفيرة المطر قادرة على اعاشة مختلف الفصائل النباتية •

ومنذ أن حل الجفاف فى أعقاب انتهاء العصر الجليدى انفصلت الاقاليم النباتية فى القارات الثلاث عن بعضها ، وتوطنت وتكيفت الفصائل النباتية فى بلدان العرب ، حسب ما سادها من ظروف مناخية منذ ذلك العهد •

وقد أثر الانسان تأثيرا كبيرا فى كثافة وانتشار بعض فصائل النبات خاصة خلال الألفى سنة الأخيرة • ففى مرتفعات الشام المطلة على البحر المتوسط ، تسبب الانسان فى هلاك الغابات لدرجة غيرت المظهر النباتى تغييرا كاملا فى مناطق واسعة • فلطالما أبحرت السفن حاملة أخشاب أشجار الأرز من مرتفعات لبنان الى مصر ، وكانت الأخشاب عماد تجارة الفينيقيين واستمر استنزاف الثروة الخشبية حتى العصر الحديث ، فى عهد محمد على حاكم مصر ، الذى جلب أخشاب الأرز اللبنانية لبناء أسطوله • ولم يبق من هذه الثروة حاليا سوى عدد قليل من الأحراج التى تحميها وتصونها الدولة •

ولقد حلت المراعى الطبيعية محل الغابات • وعمل النشاط الرعوى

على منع النمو الشجرى الجديد ، كما وان رعى الماعز اضر بالنبات الطبيعى ، فمن عادتها التهام البراعم الجديدة من جذورها ، فلا تعطيها الفرصة للنمو والنضج • ورغم أن الجهود تبذل فى كل دولة عربية لاعادة التشجير ، فانه يشك فى اعادة الغابات لسابق عهدها ، ذلك أن التربة قد أصابتها التعرية ، وأصبحت مناطق واسعة من السفوح مكشوفة عارية من أى غطاء رسوبى يمكن أن يمسك بجذور الأشجار •

أنواع النبات واقاليمه :

تتمثل فى العالم العربى كثير من الأنواع النباتية : ففيه الغابات بأنماطها الحارة والمعتدلة الدفيئة والباردة ، وفيه الحشائش الحارة (السفانا) والمعتدلة (الاستبس) ، وفيه نبات الصحارى وأشباه الصحارى وفيه نبات المستنقعات ، ونبات الوديان النهرية ، وأخيرا نبات الجبال •

وفيما يلى عرض موجز لكل نوع منها ومناطق توزيعه ومميزاته •

١ ـ الغابات المدارية :

وتوجد فى أقصى جنوب السودان وجنوب غربه • وهى تشبه الغابة الاستوائية فى أنواعها الشجرية ، ففيها ينمو المطاط ، ونخيل الزيت ، والكابلى ، والساج ، والكاكاو ، والكولا ، وجوز الهند ، والموز ، والمنجو والساجو (نوع من النخيل)،لكنها أقل كثافة من الغابة الاستوائية،والنمو الشجرى كما نرى غزير ومتنوع ، وذلك بسبب الظروف المناخية المواتية، من حرارة عالية ، ورطوبة مرتفعة ، وأمطار تكاد تكون دائمة •

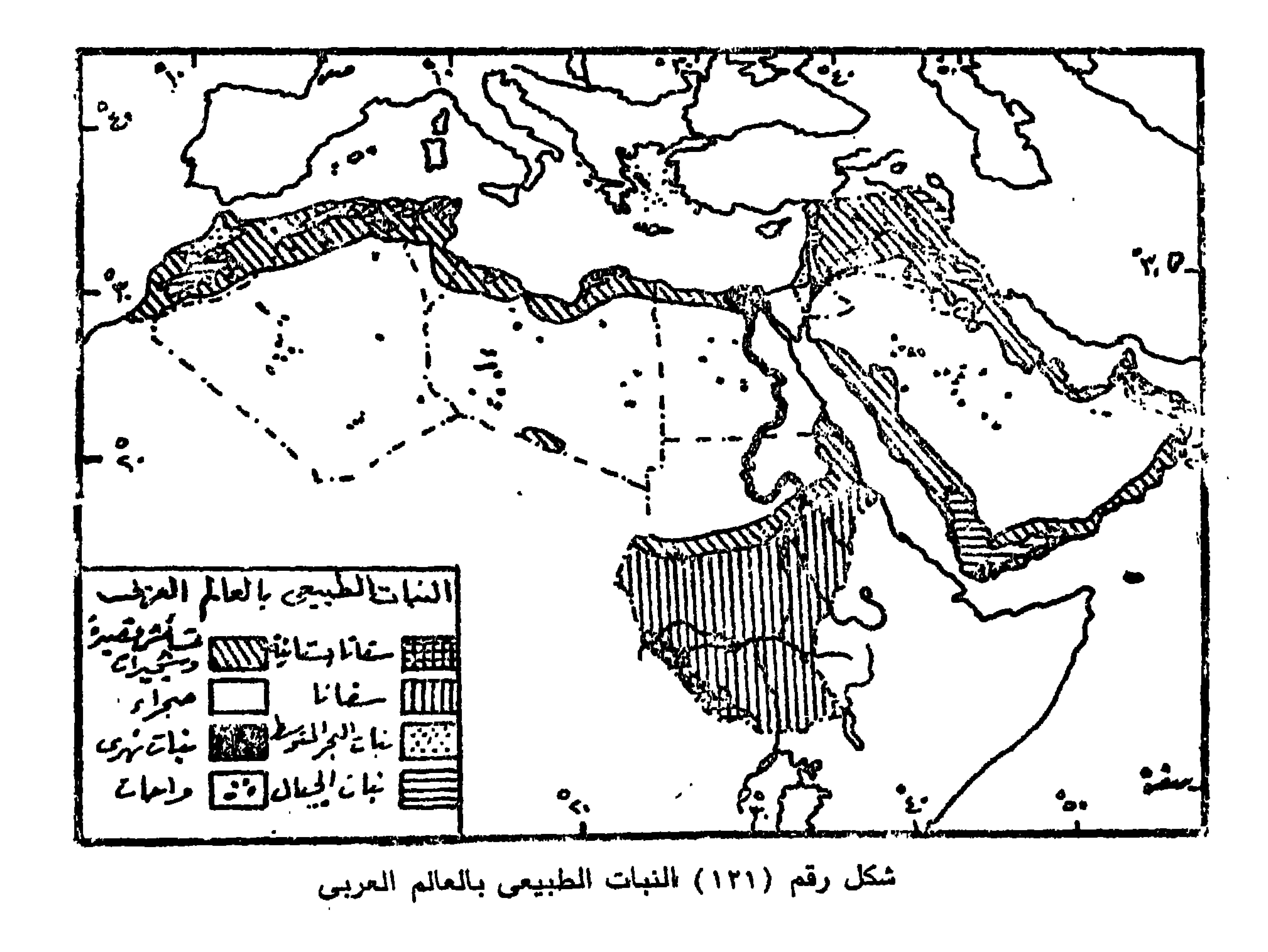
٢ ـ الغابات شبه الموسمية :

وهى محدودة الانتشار أيضا ، وتتمثل فى السفوح الغربية المنخفضة من هضبة اليمن،والمنحدرات الواطئة المطلة على البحر الأحمر من جبال عسير،والمشرفة على البحر العربى من مرتفعات اليمن الجنوبى (حضرموت) •

وتبدو فى هيئة أحراج متفرقة ، ومتنوعة الأشجار التى من أهمها : الأثل ، والسدر ، والسنط ، وتنمو فى بطون الوديان أشجار البشم والمرو، والسيامور (وهو نوع من الجميز) • ويستفاد من أخشابها فى صناعة الأثاث ، كما يجمع الصمغ ومواد الدباغة من أشجار السنط •

٣ ـ الغابات المعتدلة الدفيئة أو نوع نبات البحر المتوسط الدائم الخضرة:

وتنمو فى الاراضى التى تتميز بمناخ البحر المتوسط ، الحار الجاف صيفا ، والدافىء الماطر شتاء ، بحيث لا تقل الأمطار عن ٦٠ سم • فاذا ما قلت عن ذلك تحول النبات الشجرى الى نوع الأحراج القزمية والأعشاب• وتتمثل فى الأجزاء الشمالية من العالم العربى ، فوق السفوح المنخفضة



شكل رقم (١٢١) النبات الطبيعي بالعالم العربي

المطلة على البحر المتوسط فى سورية ، ولبنان ، وفلسطين ، ومنحدرات جبال أطلس التل والريف ، والسفوح الغربية لأطلس العظمى . وتوجد بصورة أفقر وأكثر انعزالا وتفرقا فى منحدرات الجبل الأخضر ببرقة الليبية ، وايضا فى أجزاء من سهل الجيفاره ، ومنحدرات الجبل الطرابلسى .

وينمو فى أراضى العالم العربى التابعة لمناخ البحر المتوسط عدد عديد من الشجيرات والأعشاب ، كثير منها دائم الخضرة . وهى تكثر فى التربات الرقيقة ،أما التربات العميقة فقد أزيلت عنها وحلت محلها زراعة المحاصيل التقليدية التى اشتهر بها الاقليم ، والتى أهمها الكروم ، والقمح والزيتون ، وأشجار الفاكهة . وتزدهر أشجار الجوز والحور فى المناطق الرطبة . أما الصبار الذى أضحى واسع الانتشار فى بلدان العرب المطلة على البحر المتوسط ، فقد جلب اصلا من الامريكتين لزراعته حول الحقول والمنازل ، ليكون لها بمثابة الأسوار ، ثم انتشر بمرور الزمن واصبح ينمو طبيعيا ، وأضيف لذلك الى النبات البرى .

وتتضمن نباتات البحر المتوسط فى الأراضى العربية ، عدا ما ذكرنا مجموعات نباتية مميزة . أشهرها مجموعة الماكى **Maquis** أو الماشيا **Macchia** التى تنمو على الخصوص فى التربات السيليكية . ويتزاحم النمو الشجرى أحيانا حتى ليصلح ملاجىء للهاربين من العدالة . وتتضمن أمثال هذه الأدغال الكثيفة أنواعا متعددة من النباتات الدائمة الخضرة ، مثل البلوط الفلينى والآس (العطرى الرائحة) والرتم ، كما تنمو أسفلها فيما بينها شجيرات وأعشاب متراصة كثيفة .

وهناك مجموعة نباتية أدنى واقل غنى من الماكى **Maquis** تدعى جاريج **Garrigue** ولعلها أكثر انتشارا من الماكى ، خاصة فى التربات الرقيقة التى نشأت فى المناطق الجيرية . وهنا تنمو أشجار البلوط الدائم الخضرة الذى يتحمل الجفاف ، ولكنه بطبيعة الحال يكون أقصر ، وأكثر تفرقا . كما يزداد ظهور الشجيرات القزمية والنباتات الشوكية ، بينما يقل النمو الشجرى الطويل الكثيف .

ونظرا لأن ادغال البحر المتوسط فى بلدان العرب عادة مفتوحة ، متفرقة الأشجار ، التى تبدو فى معظم الأحوال قصيرة لا يتعدى طولها المترين ، فان الفرصة تسنح لنمو النباتات المعمرة ، التى تزهر فى أعقاب امطار الربيع ، فتبدو الأراضى وكأنها مغطاة ببساط من الورود والأعشاب الزاهية الألون ، والطيبة الرائحة . وأدغال الجاريج غالبا متقطعة غير مستمرة ، تفصل بين تجمعاتها بقاع مكشوفة عن الصخر أو من تربات رقيقة ترصعها بعض النباتات .

وفى المناطق التى تزال عنها أحراج الماكى ،غالبا ما تحل محلها ادغال

الجاريج ، خاصة حيث يكثر رعى البهائم ، التى تمنع بالتالى نمو الأشجار والأعشاب الطويلة ، ولذلك فان الجاريج أكثر انتشارا من الماكى فى بيئة العرب التابعة لمناخ البحر المتوسط . واذا ما كان الماكى يسود فى المغرب العربى ، فان الجاريج يشيع فى برقة الليبية وفى معظم أراضى بلاد الشام المطلة على البحر المتوسط .

وتتميز فصائل النبات فى أراضى البحر المتوسط العربية بقدرتها على تحمل جفاف الصيف ، واحتفاظها بخضرتها رغم الجفاف . وهى تتحايل بطرق شتى كى تحتفظ باكبر قدر من المياه فى داخلها ، ولتحصل على مزيد منه من أعماق التربة . فقد زودت الطبيعة بعضها ، للاقلال من عملية النتح ، بلحاء سميك ، وبأوراق ابرية الشكل كالصنوبر والكافور ، أو بأوراق دهنية مسدودة المسام ، ومصقولة السطح ناعمة كى تعكس الاشعاع الشمسى ، مثل أوراق الزيتون وشجر الخروب . وشكلت الطبيعة سيقان أشجار أخرى ، للحيلولة دون فقدان المياه بالعقد الكثيرة والأغصان الضامرة كأشجار التين والفستق . أما أشجار الكروم العريضة الأوراق فانها تمتص حاجتها من الماء فى الصيف ، حين الجفاف ، من أعماق التربة بواسطة جذورها الطويلة المتشعبة .

٤ ـ نباتات الجبال :

تتنوع النباتات وتتغير فصائلها بالارتفاع على سفوح جبال العالم العربى ، لأن الحرارة تقل تبعا للارتفاع عن سطح البحر . ويبدو ذلك واضحا فى الجبال التى تتلقى كميات طيبة من الأمطار ، مثل جبال لبنان وجبال الأطلس . والنباتات من النوع الشجرى الذى تتخلله الحشائش والأعشاب ، وفى أعالى الجبال يختفى الشجر وتظهر الحشائش الألبية .

والنمو الغابى مختلط ، ولو أن لكل منسوب أشجاره المميزة السائدة . فعلى السفوح المنخفضة المطلة على البحر المتوسط والتى تتمتع بمناخه ، تنمو الأشجار الدائمة الخضرة حتى ارتفاع ١٠٠٠ متر ، ومن أهم أشجارها الزيتون ونوع من البلوط دائم الخضرة ، ويصاحبه شجر الخروب ، وفصائل من أشجار الصنوبر أصلية فى حوض البحر المتوسط ويظهر الشجر النفضى المختلط بأشجار صنوبرية قصيرة فيما بين ارتفاعى ١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠ متر ، وهنا أيضا يختلط البلوط النفضى بالبلوط الدائم الخضرة وهو الفلينى الذى يعطى لحاؤه مادة تستخدم فى دباغة الجلود . ويختلف البلوط الدائم الخضرة عن البلوط النفضى فى أن أوراقه خشنة الملمس ، وأكثر سمكا ، وذات أطراف حادة مدببة .

وفى نفس المستويات الجبلية تنمو أشجار الصنوبر بأنواعه المختلفة

وتتميز جميعها بسيقان طويلة ورفيعة ، تنتهى بتيجان ذات اغصان وأوراق ابرية ، تبدل باوراق جديدة على مراحل ، لتظل الأشجار دائمة الاخضرار .

وتنمو الأشجار المخروطية فوق ارتفاع ٢٠٠٠ متر فى جبال لبنان والأطلس وفى أعالى جبال شمال العراق ، اذ تتميز تلك الشواهق بارتفاع كمية التساقط من مطر وثلج فى فصل الشتاء . وبينما تكثر الغابات المخروطية فى المغرب العربى ، حيث نجد منها مساحات كبيرة ما تزال بكرا فى جيلها الاول ، لم تمسسه يد الانسان بالقطع والازالة ، نرى غابات المشرق العربى ، وخصوصا فى لبنان ، مجرد البقية الباقية من غطاء غابى غنى قديم . ذلك أن الوثائق التاريخية تكشف أن الأشجار المخروطية كانت تغطى مساحات واسعة من سفوح جبال لبنان الغربية ، أخذت فى النقصان على مر الزمن ، بسبب عمليات القطع والازالة والحرق التى مارسها الانسان عبر أعصر التاريخ .

واهم الأشجار المخروطية فى أعلى شواعق العالم العربى أشجار العرعر التى تمتاز بقدرتها على التكيف ، وتحمل الظروف المناخية المتطرفة من برودة وجفاف ، ويتراوح ارتفاعها بين ٢ – ٢٠ مترا . وأشجار الشربين والتنوب ، والسرو الايطالى التى تتميز بحجمها الكبير وارتفاع الساق وتعدد الأغصان ، ثم أشجار الأرز فى جبال المغرب العربى وفى لبنان .

وشجرة الأرز اللبنانية شهيرة شهرة جبل لبنان نفسه . وهى رمز لبنان وعلامة رايته . وقد بقى على الزمن بعض منها يتوج ذروة جبل الأرز ، وهامة جبل المكمل ، وأعالى منطقة بشرى على مستويات تبلغ ٢٠٠٠ متر . ويقال أن عمر هذه الأشجار يزيد على ١٠٠٠ سنة ، ويتراوح ارتفاع الشجرة بين ٢٠ – ٣٠ مترا .

٥ – الحشائش الحارة أو السافانا :

توجد بصورة مبعثرة فى منخفضات هضبة اليمن ومرتفعات عسير وسلطنة عمان ، لكنها تنمو فوق مساحات شاسعة فى السودان ابتداء من اقصى جنوبه حتى أراضيه الشمالية شبه الصحراوية . ونظرا لاتساع مجال انتشار السفانا فى السودان فقد تنوعت تبعا للتباين فى كمية المطر وطول فصل سقوطه ، واختلف مظهرها من حيث الغنى وطول النباتات ونمو الأشجار فيما بينها . ولهذا تقسم السفانا فى السودان الى ثلاثة أنماط تبعا للخصائص السالفة الذكر .

أ – السفانا العالية (الغنية أو البستانية) :

وتسود فى جنوب السودان حيث يسقط ما يتراوح بين ١٠٠ – ١٥٠سم فى فصل الصيف الذى يمتد الى تسعة أشهر . ويبدو المنظر السائد فى الصيف

اشبه ببحر مترامى الأطراف من الحشائش الطويلة التى تتخللها الأشجار، أما فى الشتاء فيتحول المنظر الى أراضى مكشوفة سوداء مرصعة بالأشجار.

وتمتد كثافة السفانا،ويزداد علوها كلما اقتربنا من النطاق الاستوائى جنوبا ، كما تزداد أعداد الأشجار التى تكتنفها وتتداخل فيها فى نفس الاتجاه ، لكن ماتزال الحشائش العالية هى المظهر النباتى السائد ، ولهذا تسمى أحيانا بالسفانا البستانية . وعلى ضفاف المجارى المائية التى تشق طرقها خلال السفانا تنمو الأشجار الضخمة وتتشابك فوقها مكونة لما يشبه **الأروقة أو الدهاليز لهذا تسمى «غابات الدهاليز» .**

والنمو النباتى سريع وغزير عقب سقوط المطر ، حتى ليصل طول النبات بين ٢ ـ ٣ متر . لكن الحشائش تجف وتحترق فى موسم الجفاف والحشائش ذات قيمة اقتصادية محدودة ، فهى خشنة وقليلة الأهمية كغذاء للماشية . ويعيش فى نطاق السفانا العالية الأسد والنمر ، والفيل والفهد ، والجاموس البرى والخرتيت ، والبقر الوحشى .

ب ـ السفانا المكشوفة (المتوسطة الطول) :

وتمتد فيما يلى السفانا العالية (البستانية) شمالا الى حوالى دائرة العرض ١٢° شمالا . والامطار هنا تقل نوعا فتتراوح بين ٥٠ ـ ١٠٠ سم، كما يطول فصل الجفاف فيصبح بين ٤ ـ ٥ أشهر . ولذلك تقصر الحشائش، وتصبح متوسطة الطول ، فيتراوح ارتفاعها بين ١ ـ ١,٥ متر . وهنا وهناك تنمو أشجار من عائلة السنط ، والأشجار شوكية فى الغالب وغير طويلة ، وذات تيجان عريضة . ومن أشجار السنط يؤخذ الصمغ العربى الذى تشتهر به السودان ، والذى يسهم بقدر كبير فى الاقتصاد القومى .

وفى موسم المطر تخضر السفانا ، وتمرح خلالها أعداد كبيرة من الحيوانات كالزراف وحمر الوحش والوعول والأسود . والحشائش ذات قيمة غذائية محدودة . ونظرا لجودة التربة ، فان أراضى السفانا المكشوفة تزرع بالحبوب خصوصا الذرة والدخن وكذلك الفول السودانى .

حـ ـ السفانا القصيرة (الفقيرة) :

تسود النطاق الانتقالى الى الأراضى الصحراوية بالسودان . وتتراوح كمية المطر الساقطة بين ٢٥ ـ ٥٠ سم سنويا ، وفصل الجفاف بين ٥ ـ ٨ اشهر ، ولذلك فهى تزدهر صيفاً وتجف شتاء . وهى عبارة عن حشائش قصيرة ، تزركشها أشجار شوكية أشهرها السنط الذى ينتج الصمغ العربى. وموسم نمو السفانا القصيرة محدود ، لكنها ذات أهمية خاصة للرعى خصوصا على هامش الصحراء فى الشمال . ويتمثل الحيوان البرى فى

النعام والغزال • وللاقليم أهمية حالية ومستقبل طيب،خصوصا فى كسلا وطوكر حيث تستخدم وسائل الرى لزراعة المحاصيل الحارة ومنها القطن•

٦ ـ الحشائش المعتدلة أو الاستبس :

يطلق تعبير «الاستبس» على الحشائش التى تنمو فى النطاق الانتقالى بين نوع المناخ الجاف ونوع المناخ الممطر المعتدل الحرارة ، وقد أمكن تمييز اقليم نباتى يتفق مع توزيع الاستبس أطلق عليه علماء النبات اسم الاقليم الايرانى ـ الطورانى Irano - Turanian • ويتمثل أفضل تمثيل فى وسط آسيا ، ويمتد غربا الى الاناضول وشمال العراق وبلاد الشام • وفى عالمنا العربى يقصد به النطاق الواقع بين الصحارى العربية جنوبا واقليم البحر المتوسط شمالا • ويتصف مناخ هذا النطاق الانتقالى بالمطر القليل، فيما بين ٢٥ ـ ٥٠ سم ، وبالتفاوت الحرارى الكبير •

وتتوزع حشائش الاستبس فى شمال العراق وأجزاء من سورية وفلسطين والأردن ، والأجزاء الشمالية من شبه جزيرة العرب (وفوق هضبة اليمن والسفوح العالية من جبال سلطنة عمان حيث تعتدل الحرارة) ،وفوق هضبة برقة الليبية ، وفى مساحات كبيرة من هضاب الشطوط فى المغرب العربى •

وينعدم النمو الشجرى فى مناطق الاستبس المثالية • وتنمو الحشائش وتخضر شتاء فى بلدان العرب الشمالية فى أعقاب سقوط المطر ، ثم تختفى فى فصل الصيف الجاف • وتتفاوت الاستبس فى غناها تبعا لكمية الأمطار الساقطة ، ولدرجات الحرارة ، ونوعية التربة • وكمية الأمطار هى الأهم خاصة فى نطاق انتقالى كثيرا ما تتذبذب فيه بين الكثرة والقلة حسبما شرحنا حين الكلام عن الأمطار •

ونطاق الحشائش هذا هو موطن البدو الرعاة ، ولا شك أنهم يعيشون دائما فى خطر ، تحت رحمة المطر • فاذا ما جادت السماء بكمية مناسبة ، وكانت موزعة توزيعا حسنا على أشهر الشتاء ، كانت السنة رخية • فاذا ما طال فصل المطر لاسبوع أو أسبوعين وامتد فى الربيع ،ازدهرت الحشائش وازدادت السنة رخاء • أما اذا شح المطر ، وتوالى الجفاف سنتين أو ثلاث ، أصيب البدو بالكوارث ، اذ تنفق أعداد كبيرة من الأغنام ويضطر البدو الى الهجرة الى المدن طلبا للأرزاق •

وأمثال هذه الكوارث الناجمة عن الجفاف هى التى دفعت رعاة الاستبس فى قلب آسيا الى الهجرة فى هيئة قبائل باكملها ، أو فى صورة جيوش هائلة العدد ، غزت الصين شرقا ، ومنطقة العالم العربى الآسيوى وبلدان أوروبا غربا خلال أعصر التاريخ •

هذا وينمو فى هضاب الشطوط بالمغرب نوع من الحشائش الخشنة

الطويلة نوعا ، والتى تدعى باسم «الحلفا» ، وهى حشائش معمرة تقاوم الجفاف . وهى تصلح لعمل الحبال والسلال والحصر ، كما يصدر قسم كبير منها ، خاصة الى فرنسا ، حيث تستعمل مادة خام لصناعة الورق .

٧ ـ نباتات المناقع النهرية :

وتتركز فى منطقتين كبيرتين من العالم العربى هما : جنوب السودان وجنوب العراق . وواضح أن النباتات لا تتقيد باقليم أو نوع مناخى أو نباتى محدد ، وانما تنحصر فى المناطق السهلية الرسوبية النهرية الفسيحة ، حيث يقل انحدار الاراضى كثيرا ، فتفيض مياه الأنهر ، وتغرق أراضى فسيحة ، فتنبت فيها أنواع نباتية خاصة أهمها : الحشائش المائية ، والغاب ، والبردى ، واللوتس ، والبوص ، وأم الصوف .

وتتميز سهول العراق الفيضية بكثرة وجود المنخفضات التى تشغلها البرك والمستنقعات ، التى تعرف هناك باسم «الاهوار» . وأعظم مناطق الأهوار وأكثرها اتساعا تقع حول القرنة ، وتسمى باسم هور الحمار فى قسمها الغربى ، وباسم هور الحويزة فى قسمها الشرقى . ويضيع قسم كبير من مائية نهرى الدجلة والفرات فى هذه المستنقعات .

وتتعدد النباتات بالاهوار العراقية ، غير أن السائد منها نوعان هما : القصب (الغاب) ، والبردى . أما القصب فينمو فى شكل غابات تؤلف جزرا نباتية فى وسط الأهوار ، ويبلغ طول الأراضى التى تغطيها الغابة احيانا ٥٠ كم ، وعرضها ٣٠كم ، ويتراوح ارتفاع القصب (الغاب) بين ٧ ـ ٨ مترا ، بينما يصل ارتفاع البردى بين ٢ ـ ٣ مترا .

ويستخدم سكان المستنقعات ، الذين يسمون «المعدان» ، القصب والبردى لبناء بيوتهم ، وللوقود ، وكعلف للجاموس ، وفى صناعة الحصر التى تسمى هناك «البوارى» ، كما يأكلون جذور البردى فى بداية نموه ، وهى تشبه فى شكلها ومذاقها لب شجر النخل (الجمار) ، ويستعملون سيقان القصب الغليظة كمجاديف لتسيير القوارب .

هذا ولا تخلو مناطق الأهوار من نمو أشجار ذات قيمة اقتصادية ، سواء كان نموها طبيعيا أو صناعيا بتدخل الانسان ، أهمها أشجار النخل التى تتحمل المياه مع استمرار ارتفاع الحرارة ، والتى تكثر فى أهوار العراق اضافة الى أشجار «العرق سوس» التى تنمو على ضفاف دجلة والفرات فى مجاريها الوسطى ، ومنها يستخرج عصير صالح للشرب بعد مزجه بالمياه .

أما فى جنوب السودان : فان نبات المناقع يكون من الكثافة بحيث يتمكن من اعاقة جريان المياه ، بل منعها من التدفق فى المجارى الطبيعية ،

خاصة أثناء الفيضان ، فتطفح المياه على جوانب المجارى المائية ، وتغمر أراضى بين الأنهار مكونة للمناقع الفسيحة ، ولما كانت هذه الكتل النباتية تمثل عقبات حقيقية فى طريق المياه الجارية بالأنهار ، فقد عرفت باسم منطقة «السدود النباتية» • وتزداد هذه العقبات كثرة وثباتا ، حينما تقتلع العواصف المجموعات النباتية ، وتلقى بها فى المجارى المائية ، حيث تمسك بقاع المجرى ، ويتراكم من فوقها نبات جديد •

٨ ـ النباتات الصحراوية :

هى نباتات قصيرة وهزيلة ،وتنمو مبعثرة فى هيئة مجموعات متباعدة ، تفصل بينها أراضى جرداء • وبعضها نبات قصير العمر ، ينمو ويزدهر عقب سقوط المطر مباشرة ، ويكمل دورة حياته ويزول بسرعة ، لكن تبقى جذوره مدفونة فى التربة ، كى تعود الى الحياة والنمو مرة أخرى فى الموسم الذى تجود فيه السماء ببعض المطر ،ومن أمثلتها الحلبة والخردل والشعير البرى والبابونج • وقد تنمو شجيرات معمرة عند أطراف الصحارى العربية فى بيئة تنبت بها أعشاب شوكية ، من بينها شجيرات السنط ، والأثل ، والشيح ، والحنظل ، ونخيل الدوم •

ويتحايل النبات الصحراوى المعمر على ظروف الجفاف بوسائل شتى : فبعضه يضرب بجذوره الطويلة فى الأرض بحثا ووصولا الى الرطوبة كالنخيل ، أو يكون سميك الأوراق لتختزن المياه فيها كالتين الشوكى والصبير ، أو تكون ابرية الاوراق فلا تفقد المياه بالنتح•وفى داخل صحارينا العربية نجد مساحات شاسعة تخلو تماما من النبات ، خصوصا حيثما سادت بحار الرمال ، وما أكثرها ، التى تسمى «العروق والأدهان والأخقان والنفود» أو حيثما وجدت الصحارى الصخرية الجرداء المعروفة باسم «الحمادة» ، أو الصحارى الحصوية التى يسمونها «السرير» •

وحيثما تتواجد بعض النباتات فى المنخفضات وبطون الوديان يرعى البدو الابل والأغنام والماعز ، كما يشتغل الانسان بالزراعة فى الواحات معتمدا على مياه العيون والآبار ، وأهم المزروعات الشعير ،ونخيل التمر ، والزيتون ، وبعض الفواكه والخضر •

وقد تمكن الانسان العربى من استزراع بعض المناطق الصحراوية ، اما بتوصيل مياه الأنهار اليها ، مثل توصيل مياه النيل الى أراضى مديرية التحرير فى غرب الدلتا المصرية ، والى نطاق الساحل الشمالى لمصر ، أو بحفر الآبار الارتوازية للافادة من مخزون الماء الباطنى فى رى مشروعات زراعية فى قلب الصحراء ، مثل مشروع الوادى الجديد فى واحات مصر بصحرائها الغربية ، ومشروعات الكفرة والجفرة واقليم فزان بليبيا ، ومشروعات منطقة القصيم بشمال السعودية ، والأحساء بشرقها •

المراجـــــع

المراجـــع العربية :

أحمد سعيد حديد وعلى الشلش (١٩٧٨) ، جغرافية الاقاليم المناخية ، مطبعة جامعة بغداد .

أحمد سعيد حديد وعلى الشلش (١٩٧٩) ، علم الطقس ، مطبعة جامعة بغداد .

السيد خالد المطرى (١٩٨٧) الجغرافية الحيوية . دار القبلة للثقافة الاسلامية ، جدة .

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (١٩٧٨) ، الانسان والبيئة ، القاهرة .

جمال حمدان (بدون تاريخ) ، أنماط من البيئات ، القاهرة .

جمعة محمد أحمد (١٩٨٥) ، تلوث البيئة ـ الاشعاع والامان ، مكتبة الخريجى ، الرياض .

جودة حسنين جودة (١٩٩٦ ، الطبعة السادسة) شبه الجزيرة العربية ، دراسة فى الجغرافيا الاقليمية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٤ ، الطبعة الخامسة عشرة) جغرافية أوروبا الاقليمية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٣ ، الطبعة التاسعة) جغرافية أفريقيا الاقليمية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٥ ، الطبعة الخامسة) الجغرافيا الطبيعية والخرائط ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٤ ، الطبعة الرابعة) الجغرافيا الطبيعية لصحارى العالم العربى ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٣ ، الطبعة الثانية) جغرافية الدول الاسلامية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٢ ، الطبعة الثالثة) جغرافية آسيا الاقليمية . منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (الطبعة السابعة) جغرافية البحار والمحيطات ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٥ ،الطبعة الثانية) جغرافية لبنان الاقليمية، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٣ ، الطبعة السابعة) جغرافية الزمن الرابع وعصور المطر فى صحارى العالم الاسلامى،دار المعرفة الجامعية ،الاسكندرية.

جودة حسنين جودة (١٩٩٦ ، الطبعة السابعة) العالم العربى ، دراسة فى الجغرافيا الاقليمية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٥ ، الطبعة الخامسة) قواعد الجغرافيا العامة ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٦ ، الطبعة الأولى) جغرافية الأراضى الجافة وشبه الجافة ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .

روجر ريفل ودونالد شابيرد (ترجمة زين الدين عبد المقصود) (١٩٧٩) ، الطاقة والمناخ ، نشرة دورية تصدر عن قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ١٢ .

زين الدين عبد المقصود (١٩٨١) ،البيئة والانسان ـ علاقات ومشكلات ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

سعيد شعبان (١٩٧٨) ،الربيع ورياح الخماسين ،مجلة العلم ،العدد٢٧ .

عبد العزيز طريح شرف (١٩٧٨) ، الجغرافيا المناخية والنباتية ، دار الجامعات المصرية ، الاسكندرية .

عبد القادر عبد العزيز على (١٩٨٢) ،الطقس والمناخ والميتيورولوجيا ، القاهرة .

على على البنا (١٩٦٨) ، أسس الجغرافيا المناخية والنباتية ،بيروت .

عبد الرحمن حميدة (١٩٦٨/١٩٦٩) ، علم المناخ ، دمشق .

فتحى عبد العزيز أبو راضى (١٩٧٢) الجغرافيا المناخية للدلتا . رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا ـ كلية الآداب ، جامعة الاسكندرية (باشراف المؤلف) .

فهى هلالى أبو العطا (١٩٧٠) ، الطقس والمناخ ، دراسة فى طبيعة الجو وجغرافية المناخ ، دار الكتب الجامعية ، الاسكندرية .

محمد جمال الدين الفندى (١٩٧٧) ، الطبيعة الجوية ، مكتبة الفلاح ، الكويت .

محمود حامد محمد (١٩٤٦) ، الميتيورلوجيا ، القاهرة ٠

محمد متولى وزملاؤه (١٩٥٦) أسس الجغرافيا الطبيعية ، الجزء الثالث ، «الجغرافيا الحيوية» ٠ القاهرة ٠

نسيب محمد بيطار (١٩٧٣) الجغرافيا المناخية للبنان ٠ رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا ـ كلية الآداب ، جامعة الاسكندرية (باشراف المؤلف) ٠

نعمان شحادة (١٩٨٣) ، علم المناخ ، الجامعة الاردنية ، عمان ٠

نعمان شحادة (١٩٨٣) ، المناخ العملى ، الجامعة الاردنية ، عمان ٠

يوسف عبد المجيد فايد (١٩٦٣) دراسات مقارنة للتصنيفات المناخية ، المحاضرات العامة للموسم الثقافى عام ١٩٦٣ ، الجمعية الجغرافية المصرية ، القاهرة ٠ الصفحات ٦٧ ـ ٩٧ ٠

يوسف عبد المجيد فايد (١٩٧٣) ، جغرافية المناخ والنبات ، القاهرة ٠

المراجع غير العربية :

Adamson, R. G., (1973) Pollution : An ecological approach. Don Mill, Ontario.

Alissow, B. P., (1954) Dic Klimate der Erde. Berlin.

مترجم من الروسية للالمانية

Alissow, B. P., (1965) Lehrbuck der Klimatologie. Berlin.

مترجم من الروسية للالمانية

Arvil, R. (1973) Man and environment. Middiesex.

Bauman, H. (1983) Witterungslehre fuer die Landwirtschaft. Berlin - Hamburg.

Barret, E. C. (1973) Forcasting daily rainfall from satelite data. Monthly Weather Review. Vol. 101. pp. 215-222.

Barret, E. C., (1974) Climatology from Satellites. Methuen. London.

Barry, R. G., and Chorley, R. J., (1982) Atomosphere. Weather and Climate. 4th ed., Methuen, London.

Blair, T. A., (1964) Climatology, general and regional. New. York.

Blair, T. A., and Fite. R. G., (1965) Weather elements. 5th. ed London.

Boughey, A. S., (1975) Man and environment : An Introduction to human ecology. Macmillan, New York.

Bryson, R. A. (1972) Climate modification by air Pollution London.

Bruce, J. P. and Clark, R. H., (1966), Introduction to Hydrometeorology Pergmon Press, Oxford, London.

Budyko, M., (1974), Climate and life. Academic Press, New York.

Byers, H. R. (1974) General Meteorology. 4th ed. New York.

Cadet, D. and Desbois, M. (1979) Low level airflow over the western Indian Ocean as Seen from Meteosat, Nature Vol. 278. pp. 538-539.

Chang, J. H., (1971) Climate and Agriculture, An Ecological Survey. Aldine Publishing Co.

Charney, J. (1975) Drought in the Sahara : A biogeophysical Feedback mechanism. Science, 187, pp. 434-435.

Chorley, R. J. and Kennedy, B. A., (1971) Physical Geography : A system's approach. Prentice - Hall International Inc. London.

Chorley, R. J. and Haggett, P., (1983) Models in Geography. Methuen London.

Cole, F. W. (1975) Introduction to Meteorology. 2nd ed. John Wily. New York.

Cole, M. M. (1964) Biogeography in the service of man. University of London.

Conrad, V. and Pollak, L. W. (1962) Methods in Climatology. Harvard Univ. Press. Mass.

Conrad, V. (1964,) Fundamentals of Physical Climatology. Cambridge Mass.

Critchfield, H. J. (1974), General Climatology. Prentice Hall, Inc. Engl. Clif. New Jersey.

Crowe, P. R. (1965), The Geographer and the atmosphere. Transactions. Institute of British Geographers, 36. pp. 1-19.

Crowe, P. R. (1971) Concepts in Climatology. Longman Group Limited. London.

Darlington, P. J., (1975) Zoogeogrphy : The geogrphical distribution of animals.

De Martonne, E. (1957) Le climat. In : Traité de géographie Physique Paris.

Edwards, K. C. (1964) The importance of Biogeography. Geography, Vol. XLIX, pp. 85-97.

Eyre, S. R. (1978) Vegetation and Soils, a world picture. London.

Fletcher, R. J. (1969) A Proposed modification of Koppen to incorporate seasonal precipitation Journal of Geography, 68, PP. 347-350.

Galbally, I. E. and Freney, J. R. (1978), The biosphere, atmospheric composition and climate. In Climatic Change and Variability. Cambridge University Press.

Gates, E. S. (1982) Meteorology and Climatology. 5th ed., London.

Gates, D. M., (1972) Man and his environment. Harper and Row.

Geiger, R., (1965) The climate near the ground. Harvard University Press.

Geiger, R., (1966) Das Klima der bodennahen Luftschicht. Ein Lehr buch der Mikroklimatologie. Braunschweig.

Georgi, W. (1982) Flugmeteorologie. Frankfurt am main.

Godske, C. L. (1977) Dynamic meteorology and weather forcasting. Boston, Washington.

Golgate, S. A., (1967), Tornadoes : mechanism and control. Science, 157.

Gordon, A. H., (1962), Elements of dynamic meteorology. Princeton. New York.

Gregory, S. (1969) Statistical methods and the Geographer. Longmans, Green and Co.

Gresswell, K. R., (1972) Physical geography. Longmans, Green and Co 4th ed.

Griffth, J. F., (1966) Applied climatology. Oxford University Press.

Grisollet, H. (1972) Climatologie. Méthodes et pratiques. Paris.

Grunow, J. (1985) Wetter and Klina. Berlin.

Hamilton, M. G., (1974) A satellite view of the South-Asian summer monsoon. Weather, Vol. 19. pp. 82-95.

Hare, F. K. (1963) The restless atmosphere. London.

Haurwitz, B. and Austin (1954) Climatology. New York, London.

Hendle, M. (1973) Einfuehrung in die Physikalische Klimatologie. Berlin.

Heyer, E. (1983) Witterung und Klima. Leibzig.

Hidore, J. J. (1979), Geography of the atmosphere. The Brown Foundations of Geography Series, WM.C. Brown Company Publishers.

Hidore, J. J. (1984) Physical geography : Earth systems. Scott. Forsman and Company.

Hobbs, J. E., (1980), Applied climatology : A study of atmospheric resources. Dawson Westview Press, Colorado.

Huff, F., A., (1972) Climatological assessment of urban effects on Precipitation at St Louis. Journal of Applied, Meterology, 11, PP. 822-842.

Illies, J., (1974) Introduction to Zoogeography. Translated by W.D. Williams. London.

Joachim Bluethgen (1985) Allgemeine Klimatologie. Walter de Gruyter and Co., Berlin.

Johnson, R., J., (1968) Choice in classfication, the subjectivity of objective methods. Annals, Association of American Geograpters, 58, pp. 575-589.

Jessop, N. M., (1970). Biosphere : A study of life. New Jersey.

Kendal, H. M., and et al., (1974) Introduction to Physical geography. 2nd ed., New York.

Kellog, W., W., (1977) Effects of humen activities on global climate, Part 1. WMO Bulletin, XXVI, No. 4, pp. 229-240.

Kellog, W., W., (1978) Effects of human activities on global climate Part 2. WMO Bulletin, XXVII, No. 2 pp. 3-10.

Kendrew, W. G., (1961) The climates of the continents. Oxford, 5th ed.

Kenneth, F. et. al., (1977) The making of deserts. Climate, Ecology and Society. Economic Geography. Vol. 53.

Kessler, E., and Lee, J. T., (1978) Distribution of the tornado threat in the United States, Bulletin, American Meteorological Society 59, pp. 61-62.

Koppen, W., (1936) Das geographische System der Klimate. In : (النظام الجغرافي للمناخات) Keoppen-Geiger, Handbuch der Kilmatologie (المرجع في علم المناخ) Band 1, Teil C, Berlin.

Kula, C. J. and Kula, H., J., (1974) Increased surface albedo in the northern hemisphere. Science, 183, pp. 709-714.

Landsberg, H. E., (1968) Physical climatology. Gray Printing Co. Inc., Du Bois.

Landsberg, H. E. (1976) Concerning Possible effects of air Pollution on climate. Bulletin of American Meteorological Society, 57, No. 2, pp. 213-215.

Landsberg, H. E. (1978) Some applications of meteorology and climatology, WMO Bulletin, 27, pp. 103-105.

Lee, D. H. K. (1977) Climate and economic development in the tropics. New York.

Licht, S. (1964), Midical Climatology. New Haven, Conn.

Lorenz, E. N., (1966) The circulation of the atmosphere. American Scientist, pp. 402-420.

Lundegardh H. (1977) Klima und Boden in ihrer Wirkung auf olas Pflanzenleben. Jena.

Marotz, G. A., (1975) Urban areas Partial creators of their own atmospheric environment. Journal of Geography, 74, No. 8, pp. 494-502.

Martin, R. L. et al., (1983) Towards the dynamic analysis of spatial systems, Methuen, London.

Mather, J. R. and Yoshioka, C, A. (1968) The role of climate in the distribution of vegetation, Annals, Association ot American Geographers, 58, pp. 29-14.

Mather, J. R. (1974) Climatology : Fundemental and applications. McGraw-Hill Book Co., New York.

Mathew, H. W., et al., (1971) Man's impact on the climate. MIT. Press. New York.

Miller, A. (1968) Climatology. Methuen and Co. Ltd. London.

Money, D. C. (1979) Climate, Soil and vegetation. London.

Newbigin, M. T., (1968) Plant and animal Geography. London.

Newwell, R. E. (1970) Water vapor pollution in the upper atmosphere and the supersonic transporter. Nature 226, PP. 70-71.

Newman, J. E. and Pikett, R. C., (1974) World climates and food supply variations. Science, 186, pp. 877-881.

Odum, E. P., (1981) Fundamentals of ecology. London.

Oke, T. R., (1973) City size and the urban heat Islands. Atmospheric Environment, 7, pp. 769-779.

Oliver, J. E. (1970) A genetic approach to climate classification. Annals, Association of American Geographers, Co, pp. 615-637.

Oliver, J. E. (1973) Climate and man's environment : An introduction to applied climatology. John Wiley aud Sons, Inc. New York.

Pack, D. H. (1964) Meteorology of air pollution. Science, 146, pp. 1119-1128.

Pedelaborde, P. (1975) Introduction a l'étude scientifique du climat. Paris Péguy, CH. P. (1981) precis de climatologie. Paris.

Pettersen, S. (1969) Introduction to meteorology. McGraw-Hill, New York.

Polunin, N. (1970) Introduction to Plant geography. McGraw-Hill, New York.

Range, C. S., (1971) Monsoon Meteorology. Academic Press, New York.

Reihl, H., (1978) Introduction to the atmosphere. 3rd, cd., McGraw-Hill New York.

Robinson, H. (1982) Biogeography. London.

Rumny, G. R. (1970) Climatology. 3rd. ed MacMillan Co. New York.

Salisbury, E. J., (1967) The geographical distribution of Plants in relation to climatic factors. Geogr. Jour. January.

Schuepp, M. (1975) Wolken, Wind und Wetter Zuerich.

Sellers, W. D., (1965) Physical Climatology. The University of Chicago Press.

Sewell, W. R. D., et al., (1968) Human response to weather and climate. Geographical Review, 58, pp. 262-280.

Silk, J. (1979) Elements of Practical geography. London.

Simons, D. (1967) Deserts : The problem of water in arid lands. Oxford University Press.

Smith, K. (1975) Principles of applied climatology. Mc-Graw-Hill, New York.

Sokal, R. R. (1974) Classifications : Purposes, Principles, Progress and prospects. Science, 185, pp. 1115-1123.

Strahler, A. N. (1969) Exercises in physical geography. John Wiley. New York.

Strahler, A. N., and Strahler, A., H. (1979) Elements of Physical geography. 3rd ed John Wiley. New York.

Stringer, E. T. (1972) Technique of climatology. W. H. Freemen and Company, San Francisco.

Stringer, E. T. (1972) Foundations of climatology : An introduction to physical, dynamic, synoptic and geographical climatology. W. T. Freeman and Co., San Franscisco.

Tanaby, R. C., (1980) Urban effects on trends and seasonal rainfall in the London area. Meteorological Magazine, 109, no. 1296, pp. 189-202.

Terjung, W. H., (1966) Physiologic climates of the conterminous United States : A bioclimatic classification based on man Annals, Association of American Geographers, 56, pp. 141-179.

Terjung, W. H., (1968) World Patterns of the distribution of the monthly comfort index. International Journal of Biometeorology, 12, pp. 119-151.

Terjung, W. H., (1970) Urban energy balance climatology. Geographical Review, 60, pp. 31-53.

Terjung, W. H., (1970) Toward a climatic classification based upon net radiation. Proceedings, Association of American Geographers, 3, pp. 140-144.

Terjung, W. H., Louns, S. F. (1973) Solar radiation aud urban heat islands. Annals, Association of American Geographers, 63, pp. 181-207

Terjung, W. H. (1976), Climatology for geographers. Annals, Association of American Geographers, 66, no. 2.

Thom, E. C., (1979) The discomfort index. Weatherwise, 12, pp. 57-60.

Thornthwaite, C. W., (1948) An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, 38, pp. 55-95.

Thornthwaite, C. W., and Mather, J. R. (1955) The water balance. Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, Vol.VIII. No. 1.

Trewartha, G. A. (1968) An introduction to climate. Mc-Graw-Hill, New York.

Unesco (1970) Use and conservation of the Biosphere.

Upher, M. (1983) Biological management and conservation. Colorado State University.

Vassy, E. (1979) Physique de l'atmosphere. I et II. Paris.

Viaut, A. (1992) La méteorologie. Paris.

Wallen, C. C., and Brichambout (1962), A study of Agroclimatology in semi-arid and arid zones of the Near East. FAO, Unesco WMO Interagency Project in agroclimatology. Rome.

Walls, D., (1981) Principles of biogeography. London.

Wang, J, Y. (1983) Agricultural meteorology. Milwaukee/Wisconsin.

Wickham, P. G. (1970) The practice of weather forcasting. Meteorological Office, London.

Willett, H. C. (1979) Descriptive Meteorology. New York.

WMO. (1975) Meteorological aspects of air Pollution. Technical note no. 132, Geneva.

WMO, (1976) Urban climatology and its relevance to urban design. Technical note no. 149, Geneva.

WMO, (1980) The role of agrometeorology agricultral projects. Technical note no. 168, Geneva.

WMO, (1981) Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source. Technical Note no. 172. Geneva.

WMO, (1981) Meteorological aspects of the utilization of wind as an energy source. Technical Note no. 175, Geneva.

Wuest, G. (1970) Wasserdampf und Niederschlag auf olem Meere als Glieder etes Wasserkreislaufs. Dt. Hydrogr. Zeitschrift 3, S. 111-127.

Zimmerman, G. (1979) Die Abhaengigkeit der Wolkenbrueche von der Orographie und von bestimmten Wetterlagen. Meteorologische Rdsch. S. 128-149.

محتويات الكتاب

الفصل الأول : علم المناخ

الفصل الثانى : الغلاف الجوى

الفصل الثالث : الاشعاع الشمسى والاشعاع الارضى

الفصـل الرابع : درجة الحــرارة

الفصل الخامس

الضغط الجوى وعلاقته بالدورة الهوائية العامة

الفصل السادس : الريـــــاح

الفصل السابع
مناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى

الفصل الثامن : التبخر والرطوبة

الفصل التاسع : التكاثف وأشكاله

الفصل العاشر : السحاب والتساقط

الفصل الحادى عشر : تقسيم العالم الى اقاليم مناخية

الفصل الثانى عشر
الاقاليم المناخية خصائصها وتوزيعها على سطح الارض

الجـزء الثـانى

الجغرافيـا الحيـوية

الفصـل الثـالث عشر

النبات الطبيعى وتوزيعه على سطح الارض

الفصل الرابع عشر

الحيوانات وتوزيعها على سطح الارض

الجـزء الثـالث

المناخ والاقاليم المناخية بالقارات (دراسة تطبيقية)

الفصل الخامس عشر
المناخ والاقاليم المناخية بقارة أوروبا

الفصل السادس عشر
المناخ والاقاليم المناخية بقـارة آسيا

الفصل السابع عشر
المناخ والاقاليم المناخية بقارة أفريقيا

الجـزء الرابـع

النبات الطبيعى والاقاليم النباتية بالقارات
دراســات تطبيقية

الفصـل الثامن عشر
النبات الطبيعى والاقاليم النباتية بقارة اوروبا

الفصــل التاسع عشر
النبات الطبيعى والاقاليم النباتية بقارة آسيا

الفصــل العشرون
النبات الطبيعى والاقاليم النباتية بقارة افريقيا

الجــزء الخامس
مناخ ونبات العالم العربى
دراســات تطبيقية

الفصل الواحد والعشرون
المناخ والأقاليم المناخية بالعالم العـــربى

الفصل الثانى والعشرون
النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربى

